



Tielaitos

Kaksikaistaiset kiertoliittymät



**Tielaitoksen
selvityksiä
47/1996**

Helsinki 1996

Kehittämiskeskus

Tielaitoksen selvityksiä
47/1996

Kaksikaistaiset kiertoliittymät

Tielaitos
Kehittämiskeskus

Helsinki 1996

2. painos
ISSN 0788-3722
ISBN 951-726-258-2
TIEL 3200415
Oy Edita Ab
Helsinki 1997

Julkaisun kustannus ja myynti:
Tielaitos, hallintopalvelut,
painotuotemyynti
Telefax 0204 44 2652

Joutsenmerkin arvoinen paperi

Tielaitos
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde 0204 44 150

Kaksikaistaiset kiertoliittymät. [Tvåfältiga cirkulationsplatser, Two-lane roundabouts]. Helsinki 1995. Tielaitos, kehittämiskeskus. Tielaitoksen selvityksiä 47/1996, 78 s.+ liitt. 20 s., TIEL 3200415, ISBN 951-726-258-2, ISSN 0788-3722.

Aiheluokka: 21, 25

Asiasanat: ennen-jälkeen-tutkimukset, kiertoliittymät, välityskyky

Tiivistelmä

Kaksikaistainen kiertoliittymä on maailmalla melko yleinen liittymätyyppi silloin, kun liittymän KVL on yli 10 000 - 18 000 ajon/d. Tämän tutkimuksen tavoitteena on ollut lisätä tietoa kaksikaistaisen kiertoliittymien soveltuvuudesta Suomen oloihin. Tutkimuksessa on selvitetty kirjallisuusselvityksellä ja kyselyllä kaksikaistaisen kiertoliittymien käyttöä, toimivuutta ja liikenneturvallisuutta eräissä maissa. Lisäksi Hyrylän eteläisen kiertoliittymän kaksikaistaisamisesta tehtiin ennen-jälkeen-tutkimus, jossa tutkittiin eräitä välityskykyparametrejä sekä matkanopeuksia liittymäalueella.

Kaksikaistaisen tulosuunnan välityskyvyksi eri mallit antavat kiertävän liikenteen arvolla 0 hay/h 1 400 - 2 200 hay/h ja arvolla 1 000 hay/h 900 - 1 250 hay/h. Hyrylän eteläisessä kiertoliittymässä tehtyjen havaintojen perusteella nykyiset välityskykymallit näyttävät aliarvioivan välityskykyä silloin, kun kiertävää liikennettä on vähän ja yliarvioivan sitä, kun kiertävän liikenteen määrä on suuri. Varsinkin ruotsalaisen CAP-CAL -ohjelman kiertoliittymämalli antoi liian suuria välityskykyarvoja. Myös Ruotsissa on tehty vastaavia havaintoja.

Kaksikaistaisen kiertotilan ajokaistamerkintätavat vaihtelevat suuresti maailmalla, jopa saman maan sisällä. Ajokaistat voidaan merkitä turbiinityyppisesti, keskeisperiaatteella joko katkoviivalla tai liikennesaarekkeen kohdalla olevalla sulkuviivalla tai siten, että suurimmille liikennevirroille varataan erilliset kaistat. Ajokaistaviivat voidaan myös jättää tekemättä.

Hyrylän eteläisestä kiertoliittymästä määritetyt kriittiset aikavälit olivat tulosuunnan ja kellonajan mukaan ennen-tilanteessa 2,7 - 4,1 s ja jälkeen-tilanteessa 2,8 - 3,5 s. Lähtöaikavälit olivat ennen-tilanteessa 2,3 - 2,9 s ja jälkeen-tilanteessa 2,0 - 2,5 s.

Kaksikaistaisamisen myötä lähes kaikkien tutkittujen liikennevirtojen matkanopeudet nousivat. Raskaiden ajoneuvojen matkanopeudet olivat keskimäärin 3,8 km/h alhaisempia kuin kevyiden ajoneuvojen.

Kaksikaistaisen kiertoliittymien liikenneturvallisuutta ei ole tiettävästi erikseen tutkittu. Tutkimusten mukaan liikenneturvallisuus kuitenkin näyttää heikkenevän kiertoliittymän koon kasvaessa ja suuret kiertoliittymät ovat usein monikaistaisia.

Hyrylän kiertoliittymät ovat osoittautuneet turvallisiksi. Eteläisessä kiertoliittymässä tapahtui yksikaistaisessa vaiheessa runsaan kahden vuoden aikana yksi henkilövahinkoon johtanut onnettomuus. Kaksikaistaisessa vaiheessa ei 30.9.1995 mennessä ollut tapahtunut yhtään. Pohjoisessa kaksikaistaisessa kiertoliittymässä oli tapahtunut yksi kahteen loukkaantumiseen johtanut peräänajo. Läheisissä kt 45:n valo-ohjauksissa tasoliittymissä on eteläisen kiertoliittymän käyttöönoton jälkeen (27.7.1992 - 30.9.1995) tapahtunut keskimäärin 2,1 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta/liittymä, joista yli puolet on risteämisonnettomuuksia.

Two-lane roundabouts

Key words: before-after studies, roundabouts, capacity

Abstract

A two-lane roundabout is quite a common junction type, when the ADT of a junction is over 10 000 - 18 000 veh/d. The aim of this study was to gather more information of the suitability of two-lane roundabouts for Finnish conditions. In this study the use, traffic safety and performance of two-lane roundabouts in certain countries has been examined through desktop research and an inquiry. Furthermore a before-after study concerning capacity parameters and travel speeds was made about the changing of the southern roundabout of Hyrylä from an one-lane roundabout into a two-lane one.

The capacity of a two-lane approach is 1,400 - 2,200 pcu/h, when there are no circulating flow and 900 - 1,250 pcu/h, when the circulating flow is 1,000 pcu/h. Compared with the traffic observations at the southern roundabout of Hyrylä the present capacity models seems to give too low capacity values at low circulating flows and too high capacity values at high circulating flows. Especially the swedish CAPCAL gave too high capacities. The same kind of conclusions have been made in Sweden, too.

The ways of road marking in the circulation area vary much from country to country, even in the same country. Traffic lanes can be marked in various principles: turbine/concentric principle or reserving a certain lane for larger traffic flows. There may also be no road markings at all.

The critical gaps at the southern roundabout of Hyrylä, depending on the direction of approach and time of day were 2,7 - 4,1/2,8 - 3,5 s (before/after). The move-up times were 2,3 - 2,9/2,0 - 2,5 s, respectively.

After changing into a two-lane roundabout the travel speeds of almost all of the examined traffic flows rose. The travel speeds of heavy vehicles were on an average 3,8 km/h lower than those of light vehicles.

As far as is known, the traffic safety of two-lane roundabouts hasn't been separately studied. However, according to various studies, increasing the size of a roundabout decreases their traffic safety, and a large roundabout is often a multi-lane one.

The roundabouts of Hyrylä have proved to be safe. During the one-lane phase, approximately two years, one accident involving injury to a person occurred at the southern roundabout, and during the two-lane phase (up to 30th September 1995) none. At the northern two-lane roundabout one rear-end collision with injury to two persons occurred. After the introduction of the southern roundabout (27 July 1992) on an average 2,1 accidents involving injury or fatality occurred per junction (up to 30 September 1995) at the nearby signalized junctions of the road nr. 45; over half of them were crossing accidents.

Alkusanat

Tämä raportti sisältää kirjallisuusselvityksen kaksikaistaisten kiertoliittymien käytöstä eräissä - lähinnä Euroopan - maissa sekä Hyrylän eteläisen kiertoliittymän kaksikaistaistamisen vaikutuksista tehdyn tutkimuksen. Selvityksen tavoitteena on ollut lisätä tietoa kaksikaistaisen kiertoliittymän ominaisuuksista ja soveltuvuudesta Suomen oloihin ja se palvelee lähinnä meneillään olevaa tasoliittymäohjeen uudistamistyötä.

Tielaitoksen yhteyshenkilöinä ovat olleet dipl. ins. Jorma Saarelainen ja dipl.ins. Ari Liimatainen tielaitoksen kehittämiskeskuksesta.

Selvityksen teki ja raportoi dipl. ins. Vesa Peltola.

Kenttämittausten suunnitteluun ja toteutukseen ovat lisäksi osallistuneet dipl. ins. Jarkko Niittymäki ja laboratoriotyötekniikko Kari Hintikka Teknillisestä korkeakoulusta.

Helsingissä elokuussa 1996

Tielaitos
Kehittämiskeskus

Sisältö

KÄSITTEITÄ	9
1 JOHDANTO	11
2 KIERTOLIITTYMÄN VIIVYTYKSET JA VÄLITYSKYKY	13
2.1 Yleistä	13
2.2 Välityskyky- ja viivytyksmallit	16
2.2.1 Tannerin malli kiertoliittymille	16
2.2.2 Ruotsalainen menetelmä	17
2.2.3 Englantilainen ja norjalainen menetelmä	18
2.2.4 Tanskalainen menetelmä	19
2.2.5 Saksalainen menetelmä	20
2.2.6 Sveitsiläinen ja ranskalainen menetelmä	21
2.2.7 Australialainen menetelmä	25
3 ULKOMAISIA SUUNNITTELUPERIAATTEITA	29
3.1 Ruotsi	29
3.1.1 Kiertoliittymän tyyppi	29
3.1.2 Mitoitus	30
3.1.3 Liikenteen ohjaus	32
3.1.4 Kevyt liikenne	34
3.1.5 Liikenneturvallisuus	34
3.2 Iso-Britannia	35
3.2.1 Kiertoliittymän tyyppi	35
3.2.2 Mitoitus	35
3.2.3 Liikenteen ohjaus	38
3.2.4 Kevyt liikenne	38
3.2.5 Liikenneturvallisuus	38
3.3 Norja	38
3.3.1 Kiertoliittymän tyyppi	38
3.3.2 Mitoitus	38
3.3.3 Liikenteen ohjaus	41
3.3.4 Kevyt liikenne	42
3.3.5 Liikenneturvallisuus	42
3.4 Tanska	42
3.4.1 Kiertoliittymän tyyppi	42
3.4.2 Mitoitus	42
3.4.3 Liikenteen ohjaus	43
3.4.4 Kevyt liikenne	43
3.4.5 Liikenneturvallisuus	43

3.5	Saksa	43
3.5.1	Kiertoliittymän tyyppi	43
3.5.2	Mitoitus	43
3.5.3	Liikenteen ohjaus	43
3.5.4	Kevyt liikenne	44
3.5.5	Liikenneturvallisuus	44
3.6	Australia	45
3.6.1	Kiertoliittymän tyyppi	45
3.6.2	Mitoitus	46
3.6.3	Liikenteen ohjaus	48
3.6.4	Kevyt liikenne	50
3.6.5	Liikenneturvallisuus	50
3.7	Alankomaat	51
4	HYRYLÄN ETELÄINEN KIERTOLIITTYMÄ	52
4.1	Tutkimuskohde	52
4.2	Tutkimusmenetelmät	55
4.2.1	Kenttämittaukset	55
4.2.2	Tielaitoksen tiedonkeruu	57
4.3	Liikenteen ajallinen vaihtelu, koostumus ja määrä	58
4.3.1	Tunti- ja viikonpäivävaihtelut	58
4.3.2	Liikenteen määrä ja koostumus mittausaikoina	60
4.3.3	Liikennemäärät itäisellä ohikulkutiellä	62
4.4	Kriittinen aikaväli	62
4.5	Lähtöaikaväli	63
4.6	Seuranta-aikaväli	64
4.7	Jonotus- ja palveluajat sekä jononpituudet	65
4.7.1	Jonotusajat	65
4.7.2	Palveluajat	65
4.7.3	Jononpituus	66
4.8	Matkanopeudet	67
4.9	Välityskyky	68
4.10	Liikenneturvallisuus	71
5	YHTEENVETO	73
6	LÄHDELUETTELO	75
7	LIITTEET 1 - 6	79

KÄSITTEITÄ

Liikenteenvälityskyky on suurin liikenneyksiköiden määrä, jonka tie, ajokais-ta tai liittymä voi välittää tietyssä ajanjaksona vallitsevissa liikenneolosuhteis-sa.

Keskimääräinen matkanopeus on kaikkien ajoneuvojen keskinopeus tietyllä väyläosuudella.

Konfliktipiste on risteävien, erkanevien tai liittyvien liikennevirtojen kuviteltu törmäyskohta.

Aikaväli on perättäisten ajoneuvojen välinen aikaero vastinpisteestä toiseen (bruttoaikaväli) tai edelläajavan perästä seuraavan keulaan (nettoaikaväli).

Alkuaikaväli on se osa liittymän etuajo-oikeutetun liikennevirran aikaväliä, joka on jäljellä väistämisvelvollisen ajoneuvon saapuessa jonon ensimmäisek-si (väistämisviiva tai vastaava kohta).

Päätöksentekohetki on se ajanhetki, jona väistämisvelvollisen ajoneuvon kuljettaja päättää hylätä tai hyväksyä tietyn etuajo-oikeutetun liikennevirran aikavälin tai alkuaikavälin.

Päätöksentekoetäisyys on väistämisvelvollisen ajoneuvon etäisyys väistä-misviivalta tms. päätöksentekohetkellä. Päätöksenteko tapahtuu joko väistä-misviivalla tai tietyllä etäisyydellä siitä (vähintään pysähtymismatka).

Hylätty aikaväli on etuajo-oikeutetun liikennevirran alkuaikaväli tai aikaväli, jota väistämisvelvollinen ajoneuvo ei käytä haluamaansa risteämis- tai liittymistoimintoon.

Hyväksytty aikaväli on etuajo-oikeutetun liikennevirran alkuaikaväli tai aikaväli, jonka väistämisvelvollinen ajoneuvo käyttää haluamaansa risteämis-, tai liittymistoimintoon. Hyväksytystä (alku)aikavälistä vähennetään päätöksen-tekoetäisyydeltä (esim. väistämisviiva) konfliktipisteeseen kulkemiseen kulunut aika.

Kriittinen aikaväli (aikaisemmin raja-aikaväli) on keskimääräinen etuajo-oikeutetun liikennevirran aikaväli, jonka väistämisvelvollinen ajoneuvo voi käyttää haluamaansa risteämis- tai liittymistoimintoon. Kriittisen aikavälin suuruus saadaan käytännössä joko valmiista taulukoista tai määrittämällä se hylättyjen ja hyväksytyjen aikavälien avulla.

Seuranta-aikaväli on kahden jonossa ajavan ajoneuvon nettoaikaväli.

Lähtöaikaväli on liikkeelle lähteneen ajoneuvojonon peräkkäisten ajoneuvojen bruttoaikaväli.

Jononpituus on niiden ajoneuvojen lukumäärä, jotka odottavat tietyllä ajokaistalla päästäkseen ajamaan väylän tai liittymän läpi.

Jonotusaika on aika, jonka ajoneuvo joutuu odottamaan päästäkseen jonon ensimmäiseksi.

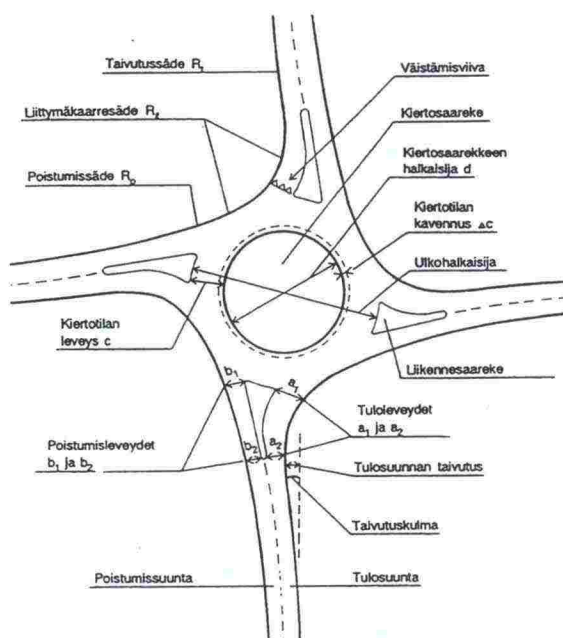
Palveluaika on aika, jonka ajoneuvo joutuu odottamaan ollessaan ensimmäisenä jonossa.

Odotusaika on jonotusajan ja palveluajan summa.

Viivytys ajon aikana (geometrinen viivytys) on liittymän ja sen vaikutusalueella olevien liikenneväylien muotoilusta ja liikenteen säätelystä ajoneuvo(laji)lle aiheutuva muusta liikenteestä riippumaton osa viivytystä. Se aiheutuu hidastamisesta, ajamisesta haluttua alhaisemmalla nopeudella ja kiihdyttämisestä jälleen haluttuun nopeuteen.

Viivytys on odotusajan ja ajon aikaisen viivytyksen summa.

Kiertoliittymän osat on esitetty allaolevassa kuvassa.



1 JOHDANTO

Yleisillä teillä oli vielä 1950- ja -60-luvuilla useita kiertoliittymiä, joista suurin osa sijaitsi alunperin kaupunkialueilla katuverkon ja sisääntuloteiden liittymissä. Väistämisvelvollisuus oli yleensä kiertotilassa ajavilla, mikä johti liittymän tukkeutumiseen suurilla liikennemäärillä. Tämä väistämisvelvollisuuskäytäntö vaati suuria kiertoliittymiä, joissa oli pitkät sekoittumisalueet. Kun liittymien väistämisvelvollisuus muutettiin tulosuunnille, ajoneuvojen nopeudet kasvoivat kiertotilassa ja onnettomuudet muuttuivat vakavammiksi. Kiertotilan liikenteen suuren nopeuden vuoksi liittymään saapuva liikenne ei pystynyt käyttämään kovin lyhyitä aikavälejä liittymiseen, joten liittymien välityskyky ei ollut erityisen hyvä. Huonojen toimivuus- ja turvallisuuskokemusten vuoksi liikenneympyröitä muutettiin (kanavoiduiksi) valo-ohjauksisiksi tasoliittymiksi 1970-luvun aikana. 1990-luvun alussa vanhoja kiertoliittymiä oli yleisillä teillä jäljellä kymmenkunta ja kaupunkialueet mukaanlukien 20 - 30. (Tielaitos, tiehallitus 1991.)

Vanhoista kiertoliittymistä puolenkymmentä oli kaksikaistaisia ja ne olivat kuntien rakentamia lukuunottamatta Lahden moottoritien ja Kehä III:n aikaisempaa ns. Käärmeportin liittymää. 1950-luvun lopulla osa kaupunkialueiden pääväylistä muutettiin yleisiksi teiksi. Tällöin myös osa silloisista kaksikaistaisista liikenneympyröistä siirtyi valtion tienpidon piiriin. (Hakola 1994.)

Lähekkä muualla Euroopassa ja Pohjoismaissa saatujen hyvien kokemusten vuoksi tielaitos julkaisi vuonna 1990 uudet kiertoliittymien suunnitteluperiaatteet, jotka perustuivat lähinnä ruotsalaiseen ARGUS-käsikirjaan. Uusien suunnitteluperiaatteiden mukaan kiertoliittymät suunniteltiin alhaisille, 20 - 30 km/h nopeuksille ja niissä etuajo-oikeus tuli kiertotilassa ajaville. Vuonna 1992 tielaitos julkaisi kiertoliittymien suunnitteluohjeet. Ohjeissa käsitellään lähinnä yksikaistaisen kiertoliittymien suunnittelua.

Ensimmäinen uusilla periaatteilla rakennettu kiertoliittymä valmistui Lammille vuonna 1990 ja siitä saadut toimivuus- ja turvallisuuskokemukset ovat olleet myönteisiä (Tielaitos, tiehallitus 1992a). Vuoden 1995 marraskuun loppuun mennessä yleisille teille oli rakennettu yli 50 uusilla periaatteilla suunniteltua kiertoliittymää. Näistä Hyrylän eteläinen ja pohjoinen kiertoliittymä ovat kaksikaistaisia.

Kaksikaistaisia kiertoliittymiä on toteutettu muualla maailmassa, myös Pohjoismaissa, mutta niiden välityskyvystä ja turvallisuudesta on vain vähän tietoa. Myös Suomessa kaksikaistaisia kiertoliittymiä on kaavailtu sellaisiin kohteisiin, joissa yksikaistaisen välityskyky ei riitä.

Tämän selvityksen tavoitteena on lisätä tietoa kaksikaistaisista kiertoliittymistä ja niiden sopivuudesta suomalaiseen ajokulttuuriin. Lisäksi tarkoitus on selvittää kaksikaistaisen kiertoliittymien mitoitus, tarvittavaa liikenteen ohjausta sekä välityskykyyn vaikuttavia tekijöitä.

Selvitys sisältää

- * kirjallisuusselvityksen kaksikaistaisista kiertoliittymistä
- * kyselyn Ruotsin, Norjan, Tanskan, Iso-Britannian ja Saksan kaksikaistaisen kiertoliittymien käytöstä ja suunnittelusta

- * Hyrylän eteläisessä kiertoliittymässä (Mt 137/Mt 145) tehdyn ennen-jälkeen-tutkimuksen kaksikaistaistamisen vaikutuksesta
 - välityskykyyn (kriittiset aikavälit, lähtöaikavälit, palveluajat)
 - odotusaikoihin
 - matkanopeuksiin
 - jononpituuksiin.
- * poliisin tietoon tulleet onnettomuudet yksikaistaisen vaiheen aikana sekä kaksikaistaisen kiertoliittymän onnettomuudet 22.9.1994 - 30.9.1995 välisenä aikana.

2 KIERTOLIITTYMÄN VIIVYTYKSET JA VÄLITYSKYKY

2.1 Yleistä

Kiertoliittymä vastaa välityskyvyltään kanavoitua valo-ohjauksista tasoliittymää, mutta pienillä liikennemäärillä kiertoliittymän aiheuttamat viivytykset ovat pienempiä kuin valo-ohjauksisessa liittymässä. Kiertoliittymässä kaikki tulosuunnat ovat toiminnallisesti samanarvoisia. Siksi kiertoliittymään ei voida valo-ohjauksisen tasoliittymän tapaan järjestää etuisuuksia esim. joukkoliikenteelle. (Tiehallitus, Kehittämiskeskus 1992b.)

Viivytyks

Liittymän aiheuttamilla viivytyksillä tarkoitetaan niitä aikahäviöitä, joita ajoneuvolle syntyy liittymän geometrinen ominaisuuksien ja liittymään saapuvan liikenteen vuoksi. Liittymän geometrian aiheuttama viivytyks oletetaan vakioksi kullekin liikennevirralle ja ajoneuvolajille, kun taas liikenteestä aiheutuva viivytyks vaihtelee liikenteen määrän ja/tai suuntautumisen muuttuessa.

Jonotusaika on se osa odotusaikaa, jonka ajoneuvo joutuu odottamaan jonossa päästäkseen sen ensimmäiseksi.

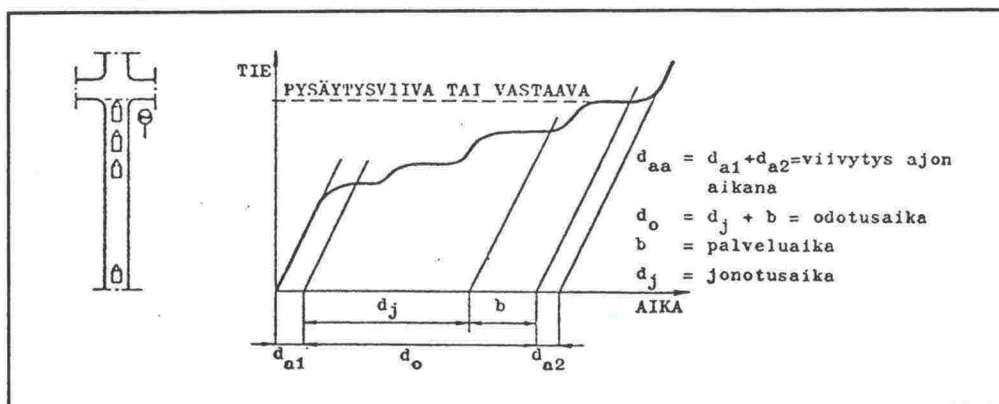
Palveluaika on se osa odotusaikaa, jonka ajoneuvo on jonon ensimmäisenä. Palveluajan määritelmät eroavat kuitenkin jonkin verran toisistaan. Tielaitoksen laskentaohjeiden ja TKK:n liikennetekniikan kenttäharjoitusohjeiden mukaan tarkkailtavan ajoneuvon palveluaika alkaa viimeisen edellä olevan ajoneuvon lähtiessä liikkeelle ylittääkseen väistämiskiivan ja päättyy tarkkailtavan ajoneuvon vastaavaan lähtöhetkeen (Niittymäki 1994a, Tie- ja vesirakennushallitus, tiensuunnittelutoimisto 1978). Sainio (1982) on käyttänyt moottoriliikennetien suuntaisliittymien liittymisrampin palveluaikojen määrittämiseen sitä hetkeä, jolloin ajoneuvon peräpää ylittää väistämiskiivan (pitkä ajoneuvo ei täten kasvata perässä tulevan ajoneuvon palveluaikaa). VTT:n Lamminhovin liittymän ennen-jälkeen-tutkimuksessa taas palveluaika määriteltiin alkavaksi jonottavan ajoneuvon saavuttua väistämiskiivalle ja päättyväksi, kun ajoneuvo on kokonaan kiertotilassa (konfliktipisteen kohdalla) (Beilinson 1994).

Odotusaika on jonotusajan ja palveluajan summa.

Ajon aikainen viivytyks (geometrinen viivytyks) on liittymän geometriasta johtuva liikennemäärästä riippumaton aikahäviö, joka syntyy hidastamisesta liittymään saavuttaessa, ajamisesta poistumishaaraan haluttua nopeutta hitaammin sekä kiihdyttämisestä tienopeuteen liittymän jälkeen. Ajon aikaista viivytystä ei yleensä voida mittauksin määrittää, vaan se arvioidaan laskentamalleilla.

Viivytyks on ajon aikaisen viivytyksen ja odotusajan summa.

Kuvassa 1 on havainnollistettu viivytyksen syntymistä liittymässä, jossa on pakollinen pysähtyminen. (Tie- ja vesirakennushallitus, tiensuunnitteluosasto 1978).



Kuva 1: Viivytyksen muodostuminen tielaitoksen tasoliittymien välityskyvyn laskentaohjeen mukaan liittymässä, jossa on pakollinen pysähtyminen (Tie- ja vesirakennushallitus, tiensuunnittelutoimisto 1978).

Välityskyky

Kiertoliittymien välityskyvyn laskemista varten kehitetyt mallit tarkastelevat yleensä sekoittumisalueen, tulohaaran tai koko liittymän välityskykyä. Useimmissa malleissa liittymän välityskyky riippuu tavalla tai toisella kunkin tulohaaran kohdalla kiertävän liikenteen määrästä. Seuraavassa välityskyvyn laskentamalleja on tarkasteltu lähinnä kaksikaistaisen kiertoliittymän kannalta. Eräitä välityskyymalleja, niiden kehitystä ja käyttöä on tarkemmin selostettu julkaisussa "Kiertoliittymät ja niiden välityskyky" (TIEH, Kehittämiskeskus 1991).

Kaksikaistaiseen kiertoliittymään (kaksikaistainen tulohaara sekä kiertotila) tulohaaran sisemmällä ajokaistalla saapuvat ajoneuvot joutuvat väistämään kahta kiertävää liikennevirtaa, kun taas ulomman ajokaistan ajoneuvot väistävät vain yhtä. Kaksikaistaisessa kiertoliittymässä tulohaaran sisempää ajokaistaa saapuvalle liikennevirralle tulee siis kaksi konfliktipistettä ja ulompaa ajokaistaa saapuvalle yksi. Eräiden teorioiden mukaan samasta liittymähaarasta poistuvat ajoneuvot häiritsevät sisemmän ajokaistan liittyviä ajoneuvoja enemmän kuin ulomman ajokaistan ajoneuvoja. Mm. näistä syistä tielaitoksen suunnitteluohjeissa kaksikaistaistamisen arvioidaan kasvattavan kiertoliittymän välityskykyä vain noin 40 % (Tiehallitus, Kehittämiskeskus 1992b).

Kriittinen aikaväli on keskimääräinen etuajo-oikeutetun liikennevirran aikaväli, jonka väistämisvelvollinen ajoneuvo voi käyttää liittymiseen tai risteämiseen. Useissa välityskyvyn laskentamalleissa kriittinen aikaväli on keskeinen lähtötieto. Kriittinen aikaväli oletetaan usein vakioksi tietyissä liikenneolosuhteissa, vaikka todellisuudessa sen suuruuteen vaikuttaa (Lyly 1990, Tekniikan käsikirja 1975, Troutbeck 1982)

- * liittymätoiminto (liittyminen/risteäminen yhtä/useampaa liikennevirtaa väistäen pysähtymättä/väistämisviivalla pysähtyen)
- * etuajo-oikeuden laatu (pakollinen pysähtyminen/väistämisvelvollisuus)
- * etuajo-oikeutetun liikennevirran nopeus (nopeuden kasvaessa hylätään pitempiä aikavälejä)
- * geometria (näkemät, liittymän koko, tulosuunnan pituuskaltevuus, kääntymissäteet ja -kulmat)

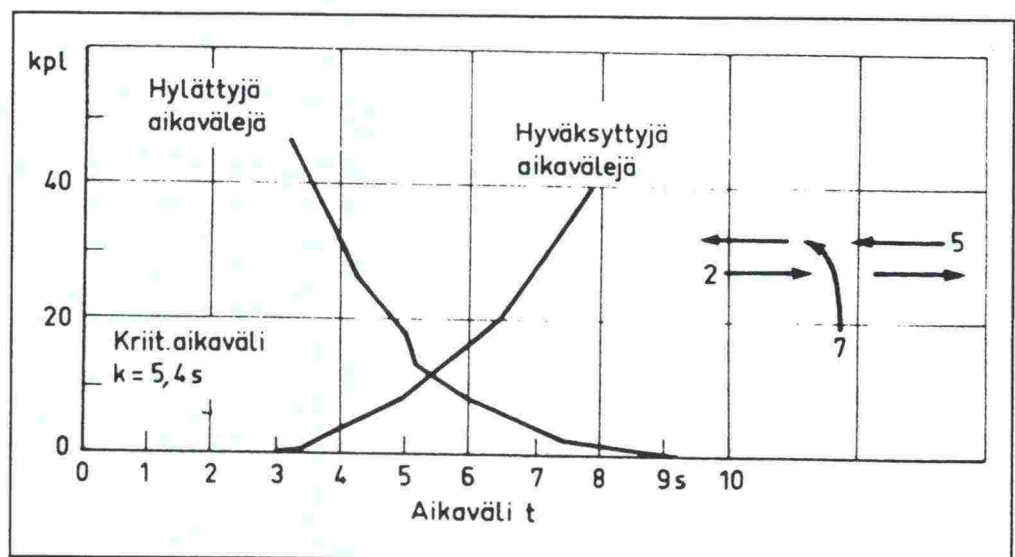
- * ympäristöolosuhteet (keli, taajaman koko jne.)
- * liikennemäärä (ruuhka-aikana hyväksytään pienempiä aikavälejä kuin sen ulkopuolella)
- * ajoneuvolaji
- * palveluaika (palveluajan kasvaessa kuljettajat hyväksyvät pienempiä aikavälejä)
- * se, että kuljettajat näyttävät olevan haluttomia hyväksymään ensimmäistä aikaväliä, vaikka myöhemmin hyväksyisivätkin sitä lyhyemmän aikavälin
- * kuljettajan ajotaito, -kokemus ja muut ominaisuudet.

Lisäksi kriittisen aikavälin suuruus riippuu aikavälien havaitusajasta, koska ajoneuvon saapumishetki havaintopisteen kohdalle on usein jossain määrin tulkinnanvarainen.

Kriittinen aikaväli määritetään tavallisesti etuajo-oikeutetun ja väistämisvelvollisen liikennevirran konfliktipisteen kohdalla havaittujen hylättyjen ja hyväksytyjen aikavälien/alkuaikavälien perusteella. Usein käytetään ns. Raffin menetelmää, jossa kriittinen aikaväli on hyväksytyjen ja hylättyjen alkuaikavälien summakäyrien leikkauspisteen kohtaa vastaavan alkuaikavälin suuruinen (kuva 2).

Hylätyt ja hyväksytyt alkuaikavälit voidaan määrittää myös konfliktipisteiden avulla, jolloin aikavälit havaitaan ja lasketaan aina vastinpisteen kohdalla (Uusiheimala 1995).

Suomessa Lamminhovin nelihaaraisessa kiertoliittymässä määritetyt kriittiset aikavälit olivat tulosuunnittain 4,3/4,8/5,0/6,4 s. Liittymä sijaitsee maaseututaa- jaman keskustassa. Jonojen puuttumisen takia lähtöaikaväliä eikä seuranta- aikaväliä voitu määrittää. (Peltola 1994.)



Kuva 2: Kriittisen aikavälin määrittäminen hylättyjen ja hyväksytyjen aikavälien summakäyrien leikkauspisteen avulla (Tekniikan käsikirja 1975).

Ulkomaisissa tutkimuksissa saatuja kaksikaistaisen kiertoliittymän (tulosuunta) kriittisen aikavälin T (s), lähtöaikavälin T_0 (s) ja kiertävän liikenteen seuranta-aikavälin Δ (s) arvoja on esitetty taulukossa 1 (Troutbeck 1982).

Taulukko 1: Ulkomaisissa tutkimuksissa määritettyjä kaksikaistaisen kiertoliittymän kriittisen aikavälin T (s), kiertävän liikenteen seuranta-aikavälin Δ (s) ja liittyvän liikenteen lähtöaikavälin T_0 (s) arvoja (Troutbeck 1982).

AIKAVÄLIPARAMETRIIT				
Lähde ..	T	Δ	T_0	Huom!
Grant (1969)	3.8	1.8	2.7	1
Armitage and McDonald (1974)	3.4	1.2	2.3	1
Armitage and McDonald (1974)	3.6	1.2	2.3	1, 2
Ashworth and Field (1973)	3.3	0	3.3	1, 3
Ashworth and Laurence (1978)	3.2	0	3.2	1, 3
McDonald and Armitage (1978)	3.8	0	2.4	1
Horman and Turnbull (1974)	4.0	0	2.0	1
Horman and Turnbull (1974)	4.0	1.5	2.0	
Avent and Taylor (1979)	3.5	2.2	2.1	
Avent and Taylor (1979)	3.5	1.1	2.1	1
NAASRA (1982)	4.0	2.0	2.0	
NAASRA (1982)	4.0	0	2.0	1
Huom!	1. Kaksikaistainen tulohaara. 2. Laskettu tulohaaran välityskyvyn ja kiertävän liikenteen määrän avulla. 3. Käytetty muunnattua Tannerin (1962) kaavaa.			

2.2 Välityskyky- ja viivytysmallit

2.2.1 Tannerin malli kiertoliittymille

Tannerin malli on ollut perustana monelle nykyisin käytössä olevalle kiertoliittymän välityskykymallille, mutta sitä ei nykyään juuri käytetä kiertoliittymien välityskykytarkasteluihin. Tannerin mallissa kiertoliittymää käsitellään sarjana yhteenkytkettyjä T-liittymiä. Liittyvän haaran välityskyky riippuu kiertävän liikenteen määrästä, kriittisestä aikavälistä, seuranta-aikavälistä ja liittyvien ajoneuvojen lähtöaikavälistä. Tannerin malli ei ota huomioon liittymän geometrisia ominaisuuksia. (Rosenberg 1978, Tiehallitus, Kehittämiskeskus 1991.)

Tannerin malli sisältää eri kaavat yhtä ja kahta päävirtaa väistävälle liikennevirroille. Kaksikaistaisessa kiertoliittymässä kaavaa (1) sovelletaan tulohaaran ulomman ajokaistan ja kaavaa (2) sisemmän ajokaistan välityskyvyn laskemiseen (Vodahl et al. 1980). Kaavat ovat muotoa:

$$Q_{e1} = \frac{Q_{c1}(1 - bQ_{c1})}{e^{(a-b)Q_{c1}}(1 - e^{-aQ_{c1}})} \quad (1)$$

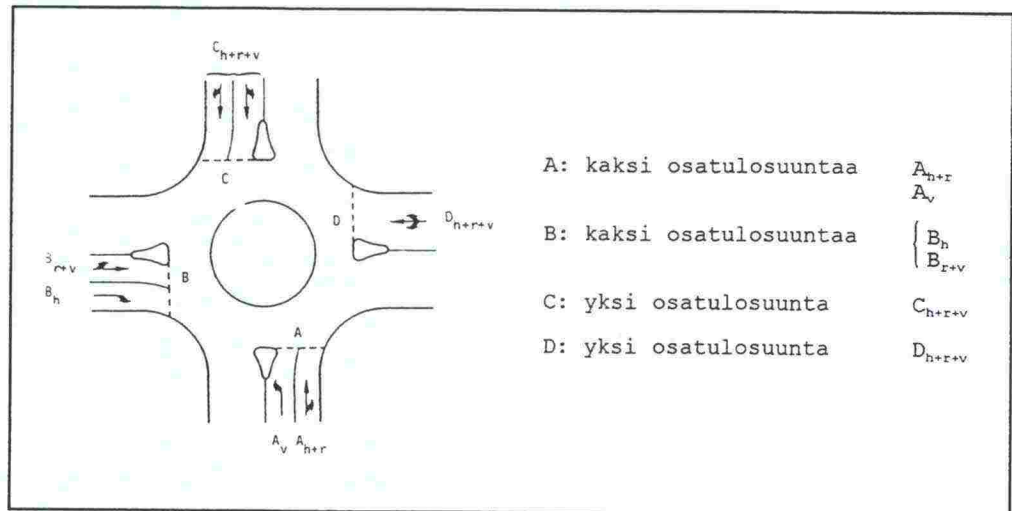
$$Q_{e2} = \frac{(Q_{c1} + Q_{c2})(1 - bQ_{c1})(1 - bQ_{c2})}{e^{(a-b)(Q_{c1} + Q_{c2})}(1 - e^{-a(Q_{c1} + Q_{c2})})} \quad (2)$$

jossa

- Q_{e1} = ulomman ajokaistan välityskyky (ajon/s)
- Q_{e2} = sisemmän ajokaistan välityskyky (ajon/s)
- Q_{c1} = kiertotilan ulomman ajokaistan liikenne (ajon/s)
- Q_{c2} = kiertotilan sisemmän ajokaistan liikenne (ajon/s)
- a = kriittinen aikaväli (s)
- b = seuranta-aikaväli (s)
- c = lähtöaikaväli (s).

2.2.2 Ruotsalainen menetelmä

Ruotsalainen menetelmä perustuu sekoittumisalueiden välityskyvyn laskemiseen sellaisessa kiertoliittymässä, jossa väistämisvelvollisuus on tulosuunnilla. Sekä yksi- että kaksikaistaisen kiertoliittymän välityskyvyn laskemista varten kunkin tulosuunnan liikennevirrat jaetaan osatulosuuntiin *kuvan 3* mukaan.



Kuva 3: Osatulosuuntien määrittäminen ruotsalaisessa laskentamallissa (Statens Vägverk 1977).

Tulohaaran välityskyky lasketaan kunkin osatulosuunnan kanssa sekoittumaan joutuvien liikennevirtojen ja palveluaikojen määrittämisen jälkeen. Välityskyky-malli on muotoa (Statens Vägverk 1977):

$$K = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{B} \quad (3)$$

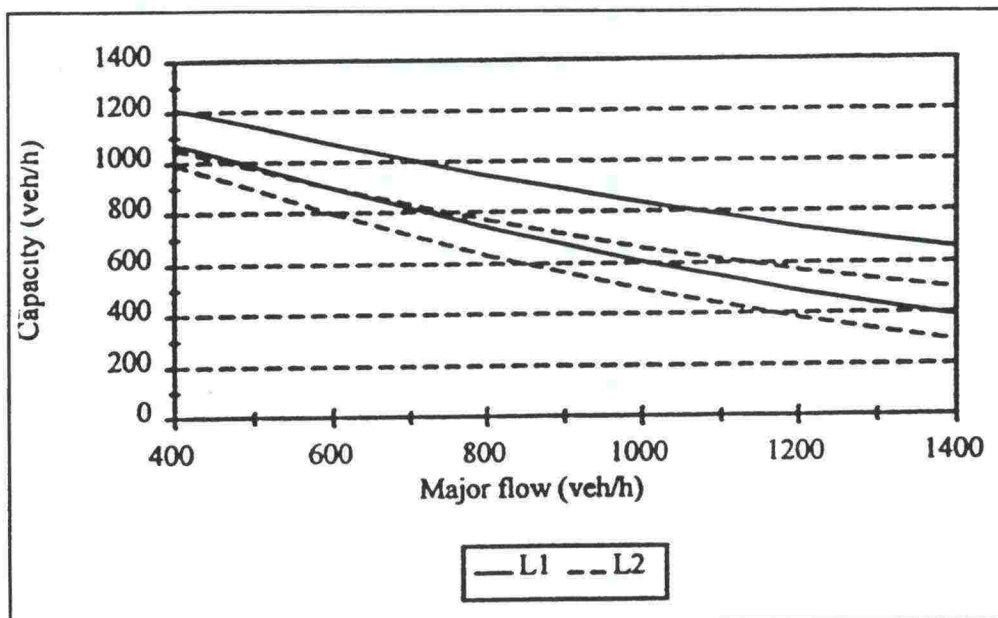
$$B = \frac{q_1 * b_1 + q_2 * b_2 + \dots + q_n * b_n}{n_k * 3600} \quad (4)$$

joissa

- K = osatulosuunnan välityskyky (ajon/h)
- q = osatulosuunnan liikennevirrat (ajon/h)
- b = liikennevirran q_i palveluaika (s)
- B = osatulosuunnan kuormitusaste
- n_k = osatulosuunnan ajokaistojen lukumäärä.

Menetelmä on tarkemmin selostettu tielaitoksen julkaisussa "Kiertoliittymät ja niiden välityskyky" (TIEH, Kehittämiskeskus 1991). Välityskyky ja viivytykset voidaan laskea joko käsin tai CAPCAL -laskentaohjelmistolla.

Ruotsalainen malli perustuu kiertoliittymän sekoittumisalueen mittoihin ja antaa ruotsalaisen tutkimuksen (Hagring 1995) mukaan liian suuria välityskyvyn arvoja (kuva 4). Suurilla kiertävän liikenteen arvoilla CAPCALin antama välityskyvyn arvo on noin 60 % suurempi kuin Hagringin (1995) kehittämän uuden välityskykymallin. Ero johtuu mm. siitä, että Hagringin mallissa kiertävää liikennettä ei jaeta ensi- ja toissijaiseen päävirtaan ja että kriittiset aikavälit ovat CAPCALin antamia arvoja suurempia. Lisäksi kaksikaistaisen tulosuunnan vasemmalla kaistalla kriittiset aikavälit ovat tutkimuksen mukaan suurempia kuin oikealla kaistalla. Em. seikkojen vuoksi ruotsalaisen välityskykymallin tarkistamistarvetta arvioidaan paraikaa.



Kuva 4: CAPCALin kiertoliittymän välityskykymallin ja Hagringin (1995) ruotsalaisiin olosuhteisiin kehittämän välityskykymallin vertailu kaksikaistaisessa kiertoliittymässä (L1 on vasemman ja L2 oikean ajokaistan välityskyky; suuremmat arvot ovat CAPCALin antamia) (Hagring 1995).

2.2.3 Englantilainen ja norjalainen menetelmä

Englantilaisessa mallissa välityskyky riippuu lineaarisesti kiertävän liikenteen määrästä ja liittymän geometriasta. Laskentamallissa tulosuunnan välityskyky riippuu kiertävän liikenteen määrän ohella sisään tulon ja tulohaaran ajokaistojen leveydestä, sisään tulon levenemismatkasta, liittymäkaarresäteestä sekä liittymän ulkohalkaisijasta. Laskentamalli ei siis tarkastele erikseen kaksikaistaista kiertoliittymää, vaan kiertotilan leveys eli "ajokaistamäärä" määräytyy tulohaaran leveyden mukaan. Tulohaaran leventäminen lisäkaistoilla kasvattaa välityskykyä. Välityskyvyn ja viivytysten laskenta suoritetaan nykyään ARCADY3 -ohjelmistolla. (The Department of Transport et al. 1993.)

Norjalainen käsinlaskentamalli on yksinkertaistettu versio englantilaisesta mallista. Malliin on tehty paikallisia olosuhteita vastaavat korjauskertoimet välityskyvyn arvolle. Myös Norjassa käytetään ARCADY -ohjelmistoja. (TIEH, Kehittämiskeskus 1991, Seim 1994.)

Karkeissa välityskykytarkasteluissa kaksikaistaiseksi levennetylle tulosuunnalle voidaan käyttää kaavaa (5) ja kaksikaistaiselle tulosuunnalle kaavaa (6):

$$Q_e = 1500 - 0,6Q_c \quad (5)$$

$$Q_e = 1950 - 0,7Q_c \quad (6)$$

joissa Q_e = tulosuunnan välityskyky (hay/h)
 Q_c = kiertävä liikenne (hay/h).

Englantilaista ja norjalaista laskentamallia on selostettu tarkemmin tielaitoksen julkaisussa "Kiertoliittymät ja niiden välityskyky" (TIEH, Kehittämiskeskus 1991).

2.2.4 Tanskalainen menetelmä

Tanskalainen menetelmä on kehitetty Tannerin mallista (luku 2.2.1). Menetelmässä yksikaistaisen kiertoliittymän välityskyky lasketaan tulosuunnan ajokaistaa kohti, eikä malli juuri ota liittymän geometrisia ominaisuuksia huomioon. Tulosuunnan välityskyky riippuu vain kiertävän liikenteen määrästä Q_c , kriittisestä aikavälistä τ ja lähtöaikavälistä δ . Liikennemäärät ilmoitetaan henkilöautoyksikköinä seuraavasti:

- * ha, pa (kokonaispaino <2 t) = 1,0 hay
- * kaip, la, pa (kokonaispaino >2 t) = 1,5 hay
- * kapp, katp, nivelbussi = 2,0 hay.

Malli on muotoa (Vejdirektoratet 1995):

$$N_{\max} = N_c \cdot \frac{e^{\frac{-N_c \cdot \tau}{3600}}}{1 - e^{\frac{-N_c \cdot \delta}{3600}}} \quad (7)$$

joissa N_{\max} = tulosuunnan teoreettinen välityskyky ajokaistaa kohti (hay/h)
 N_c = kiertävän liikenteen määrä tulohaaran kohdalla (hay/h)
 τ = kriittinen aikaväli (s) (4,5 s yksikaistaisessa kiertoliittymässä)
 δ = lähtöaikaväli (s) (2,8 s yksikaistaisessa kiertoliittymässä).

Yksikaistaisen kiertoliittymän välityskyvyn ja viivytysten laskennan kulku on yksityiskohtaisemmin kuvattu tielaitoksen julkaisussa "Kiertoliittymät ja niiden välityskyky" (TIEH, Kehittämiskeskus 1991).

Kaksikaistaisen kiertoliittymän välityskyvyn laskemiseen ei varsinaisesti ole käytössä laskentamallia, mutta tanskalaisen tutkimuksen mukaan (Aagaard 1995) kaavaa (7) voidaan käyttää kaksikaistaisen tulosuunnan välityskyky-laskelmiin seuraavilla oletuksilla:

- $\tau = 4,0$ s ja $\delta = 2,6$ s
- jollei parempaa tietoa ole saatavissa, tulosuunnan oikean ja vasemman ajokaistan liikennemäärien suhde on 2:1 (1:1 johtaa helposti liian pieniin viivytysarvoihin)
- jollei parempaa tietoa ole saatavilla, kiertävän liikenteen määrän N_c arvoksi voidaan asettaa molempien tulosuunnan ajokaistojen osalta kiertävän liikenteen kokonaismäärä (todellisuudessa tulosuunnan oikean ajokaistan liikenne väistää vain osaa kiertotilan sisemmän ajokaistan liikenteestä, mutta kiertotilan liikennemäärien kaistajakaumaa on varsin vaikea määrittää).

2.2.5 Saksalainen menetelmä

Saksalainen kaksikaistaisen kiertoliittymän välityskyvyn laskentamalli on empiirinen. Kaavaa (8) käytetään yksi- ja kaavaa (9) kaksikaistaisen tulohaarojen välityskyvyn laskemiseen. Malli on muotoa (Brilon 1994):

$$Q_g = 1100 - 0,44 Q_c \quad (8)$$

$$Q_g = 1380 - 0,50 Q_c \quad (9)$$

jossa Q_g = tulohaaran välityskyky (hay/h)
 Q_c = kiertävä liikenne (hay/h).

Viivytyksien laskemiseen käytetään Kimberin ja Hollisin 1979 kehittämää kaavaa (Brilon 1994). Kaava on muotoa (Troutbeck 1982):

$$D = \frac{1}{\mu} \left(1 + \frac{1}{1-x} \right) = \frac{x}{Q(1-x)} \quad (10)$$

jossa D = viivytys (s/ajon)
 μ = tulohaaran välityskyky (ajon/s)
 x = kuormitusaste ($= Q/\mu$)
 Q = saapuva liikenne (ajon/s).

Toinen saksalainen laskentamenetelmä perustuu vuonna 1990 tutkittujen yhdeksän kiertoliittymän aineistoon. Laskentamalli kehitettiin saatuun aineistoon sovitusta regressiokäyrästä ja se on muotoa (Brilon et Stuwe 1991):

$$L = A e^{-\frac{B}{10000} q_k} \quad (11)$$

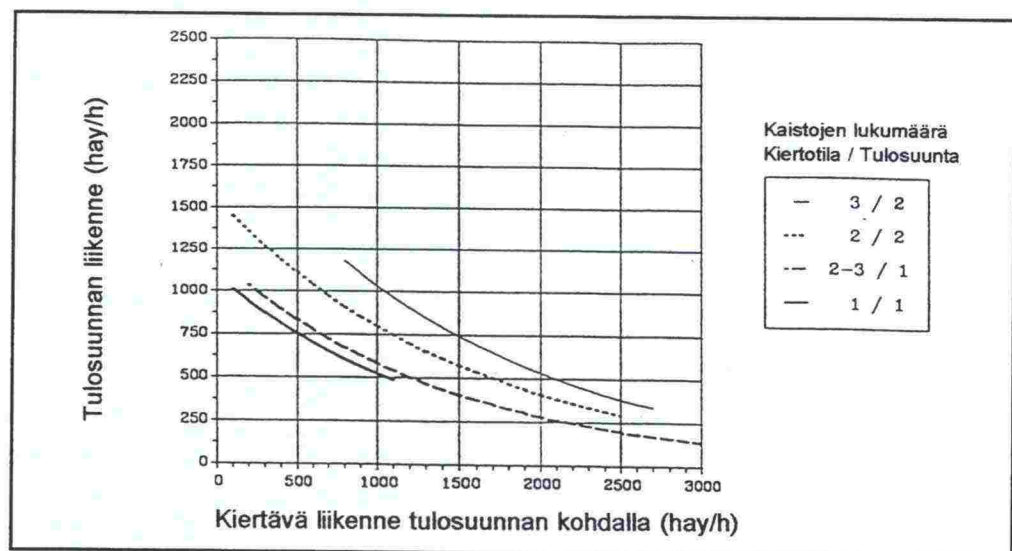
jossa L = tulosuunnan välityskyky (hay/h)
 q_k = kiertävän liikenteen määrä tulohaaran kohdalla (hay/h)
 A, B = kiertotilan ja tulohaaran ajokaistamäärän mukaan määräytyviä vakioita (taulukko 2).

Mallissa moottoripyörä on 0,5, kuorma- ja linja-auto 1,5 ja perävaunullinen kuorma-auto 2,0 hay.

Taulukko 2: Kaavan (11) vakioiden A ja B määrytyminen saksalaisessa laskentamallissa (Brilon et Stuwe 1991).

Ajokaistojen lukumäärä		Mallin vakiot	
Kiertotila	Tulohaara	A	B
2	2	2 018	6,68
3	2	1 553	6,69
2 - 3	1	1 200	7,38
1	1	1 089	7,42

Kaavan (11) regressiokäyrät eri kiertoliittymätyypeille on esitetty kuvassa 5 (Brilon et Stuwe 1991).



Kuva 5: Eri kiertoliittymätyyppien välityskyky kiertävän liikenteen funktiona saksalaisessa mallissa (Brilon et Stuwe 1991).

Yleensä kaksikaistaisen kiertoliittymän oletetaan toimivan saksalaisissa olosuhteissa hyvin, kun liittymään saapuva liikennemäärä on alle 18 000 hay/d. Liikennemäärän ylittäessä 35 000 - 40 000 hay/d on valittava jokin muu liittymätyyppi. (Brilon et Stuwe 1991.)

2.2.6 Sveitsiläinen ja ranskalainen menetelmä

Sveitsiläinen ja ranskalainen malli muistuttavat periaatteeltaan englantilaista mallia: molemmissa malleissa tulohaaran välityskyky laskee lineaarisesti kiertävän liikenteen funktiona. Mallit pyrkivät ottamaan huomioon samasta liittymähaarasta poistuvan liikenteen vaikutuksen tulohaaran välityskykyyn. (Hagring 1992.)

Sveitsissä on käytössä kaksi 1980-luvun lopulla samanaikaisesti työskennelleen tutkijaryhmän kehittämää lineaarista mallia:

- * VSS/Emch + Berger -malli
- * EPFL -malli.

VSS/Emch + Berger -malli soveltuu taajamien kiertoliittymille (kiertotilan ulkohalkaisija $D = 25 - 40$ m). Kiertoliittymän välityskykymalli koostuu seuraavista kaavoista (Bovy 1991, Dagersten 1992):

$$C_{e1} = 1300 - 0,75Q_c \quad (12)$$

$$C_{e1} = 1450 - 0,95Q_c \quad (13)$$

$$C_{e2} = 1,4C_{e1} \quad (14)$$

joissa C_{e1} = yksikaistaisen tulohaaran välityskyky (hay/h)
 C_{e2} = kaksikaistaisen tulohaaran välityskyky (hay/h)
 Q_c = kiertävä liikenne tulohaaran kohdalla (hay/h).

Kaavaa (12) käytetään geometrialtaan normaaleissa kiertoliittymissä, joissa tulosuunnan liikennemäärä on alle 1 000 hay/h. Kaavaa (13) käytetään niissä liittymissä, joissa tulosuunnan liikennemäärä on yli 1 000 hay/h ja tulohaara on sisään tulon kohdalta normaalia leveämpi tai joukkoliikenteelle on erotettu oma ajokaista. Kaavoissa kaksipyöräiset ajoneuvot vastaavat 0,5 hay:ä ja raskas liikenne 2,0 hay:ä. (Dagersten 1992.)

Keskimääräinen viivytys ja jononpituus voidaan laskea samalla tavalla kuin ranskalaisessa CETUR 86 -mallissa (Dagersten 1992).

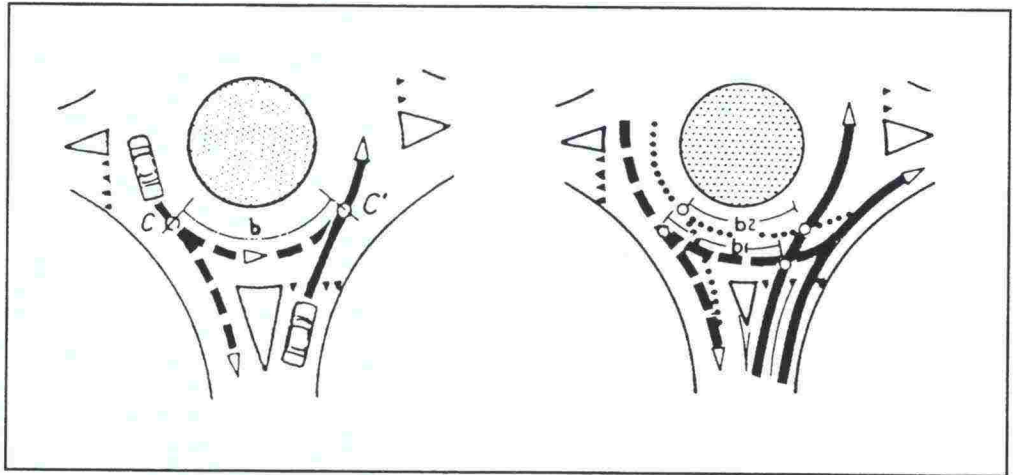
EPFL -malli on kehitetty ranskalaisesta CETUR 86 -menetelmästä ja myös se soveltuu monikaistaisen tulohaarojen välityskyvyn laskentaan ($D = 22 - 35$ m). Malli ottaa huomioon poistuvan liikenteen aiheuttaman häiriön saman liittymähaaran liittyvälle liikenteelle. Lähtötietoina tarvitaan kiertävän ja poistuvan liikenteen määrä, poistumishaaran konfliktipisteen C ja tulohaaran konfliktipisteen C' välinen etäisyys b sekä kiertotilan ja tulohaaran ajokaistamäärä. Ajonopeuksien liittymäalueella tulee olla 20 - 25 km/h. (Dagersten 1992.)

Malli on muotoa:

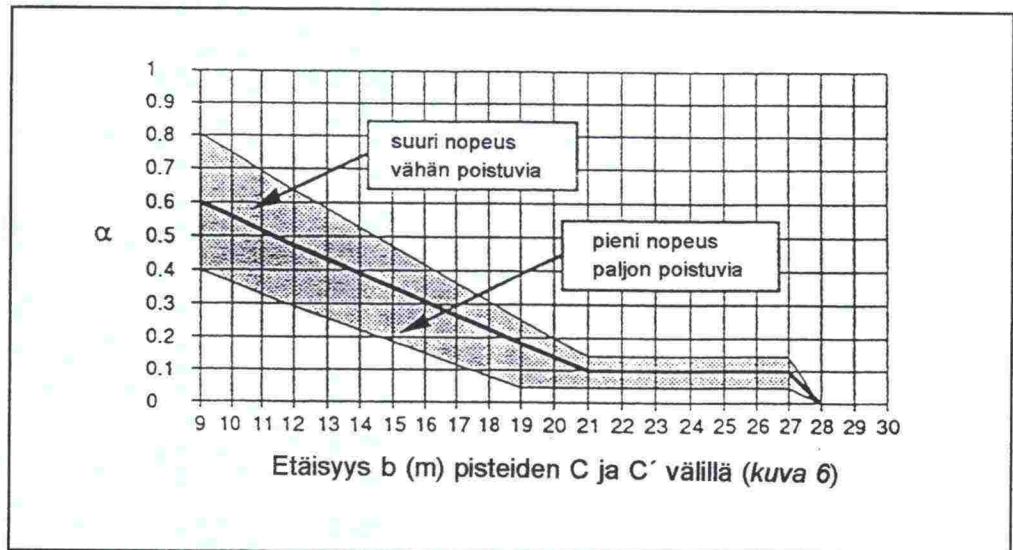
$$C_e = 1500 - \frac{8}{9}(\beta Q_c + \alpha Q_s) \quad (15)$$

joissa C_e = tulohaaran välityskyky (hay/h)
 Q_c = kiertävä liikenne tulohaaran kohdalla (hay/h)
 Q_s = saman liittymähaaran poistuva liikenne (hay/h)
 α = kerroin (kuvan 7 käyrästä)
 β = 0,9 - 1,0 (yksikaistainen tulohaara)
 0,6 - 0,7 (kaksikaistainen tulohaara).

Keroin α ilmaisee poistuvan liikenteen vaikutusta tulohaaran välityskykyyn ja sen suuruus määräytyy konfliktipisteiden välisen etäisyyden b mukaan (kuvat 6 - 7). **Kaksikaistaisen kiertoliittymän** sisemmän ajokaistan osalta valitaan lyhyempi etäisyyksistä b_1 ja b_2 . Kuvan 7 kuvaajan yläpuolella oleva varjostettu alue soveltuu liittymiin, joissa nopeudet ovat suuria ja poistuva virta pieni. Kuvaajan alapuolella oleva varjostettu alue taas soveltuu päinvastaisiin tapauksiin.



Kuva 6: Etäisyyksien b , b_1 ja b_2 määrittäminen kiertoliittymässä, sveitsiläinen EPFL -laskentamalli (Bovy 1991).



Kuva 7: Kertoimen α määrittäminen sveitsiläisessä EPFL -mallissa (Dagersten 1992).

Jonon pituus L (hay) ajokaistalla lasketaan kuormitusasteen $p=Q/C_s$ (Q = tulohaaran ajokaistan liikennemäärä [hay/h]) avulla seuraavasti (Dagersten 1992):

$$L = \frac{p}{1-p} \quad (16)$$

Keskimääräinen viivytys d (s/hay) lasketaan jonon pituuden L ja tulohaaran ajokaistan liikennemäärän Q avulla seuraavasti (Dagersten 1992):

$$d = \frac{3600L}{Q} \quad (17)$$

Ranskalaisen laskentamallin (CETUR 86 -menetelmä) lähtötiedoiksi tarvitaan kiertävän liikenteen todellinen määrä Q_c , liittymähaarasta poistuva liikenne Q_s , tulohaaran ajokaistamäärä n, kiertosaarekkeen säde R sekä kiertotilan leveys l. Menetelmä on esitetty lohkokaaiona kuvassa 8 (Gambard 1991). Malli on muotoa (Gambard 1991, Hagring 1992, Vejdirektoratet 1993):

$$C = 1500 - \frac{5}{6} Q_{g,eq} \quad (18)$$

$$Q_{e,eq} = \alpha * C \quad (19)$$

jossa

- C = tulohaaran ajokaistan teoreettinen välityskyky (hay/h)
- $Q_{e,eq}$ = tulohaaran ajokaistan välityskyky (hay/h)
- α = 1,0, kun kiertoliittymä on yksikaistainen
0,7, kun kiertoliittymä on monikaistainen
- $Q_{g,eq} = \beta * Q_c + 0,2 * Q_s$ (hay/h)
- Q_c = kiertävä liikenne (hay/h)
- Q_s = samasta liittymähaarasta poistuva liikenne (hay/h)
- β = 1,0, kun kiertotilan leveys $l < 8$ m
0,9, kun $l \geq 8$ m ja kiertosaarekkeen säde $R < 20$ m
0,7, kun $l \geq 8$ m ja $R \geq 20$ m.

Keskimääräinen viivytys ajokaistaa kohti lasketaan seuraavasti (Vejdirektoratet 1993):

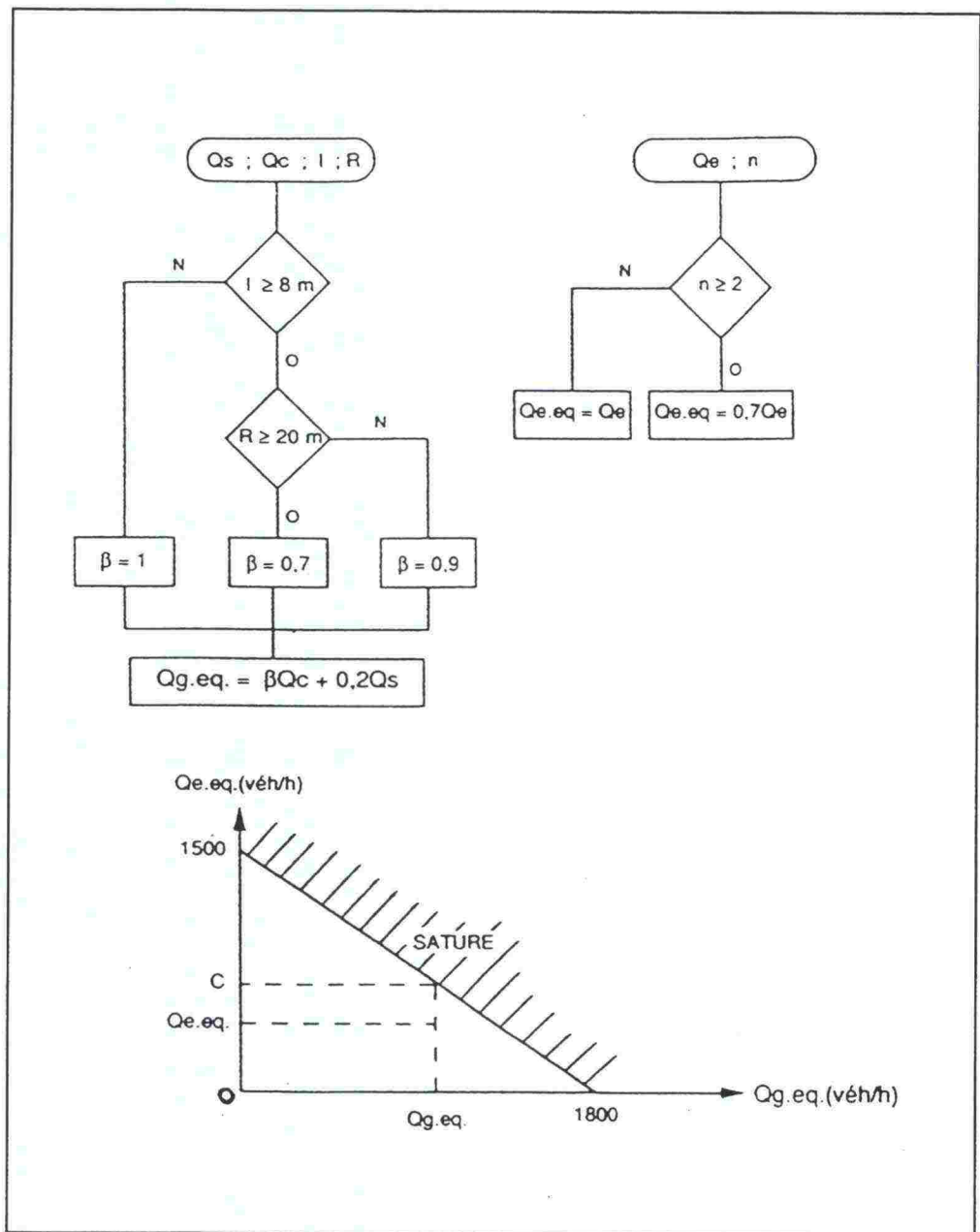
$$d = \frac{2000 + 2Q_{g,eq}}{Q_{e,eq} - Q} \quad (20)$$

jossa

- d = keskimääräinen viivytys ajokaistaa kohti (s/hay)
- Q = tulohaaran ajokaistan liikennemäärä (hay/h)

Keskimääräinen jononpituus ajokaistalla (hay) on ajokaistan liikennemäärän Q (hay/s) ja viivytyksen d (s) tulo:

$$n = Qd \quad (21)$$



Kuva 8: Kiertoliittymän välityskyvyn määrittäminen ranskalaisella CETUR 86 -menetelmällä (suureet selostettu tekstissä) (Gambard 1991).

2.2.7 Australialainen menetelmä

Australialaisessa laskentamallissa tulosuunnan välityskyky (hay/h) lasketaan tulohaaran ajokaistaa kohti. Lähtötietoina tarvitaan liikennemäärät tulosuunnalla sekä kiertotilassa tulosuunnan kohdalla, kriittiset aikavälit ja lähtöaikavälit erikseen tulosuunnan runsas- ja vähäliikenteisemmälle ajokaistalle sekä kiertävän liikennevirran seuranta-aikaväli. Malli ei varsinaisesti erottele tulohaaran välityskykyä sisemmän ja ulomman ajokaistan mukaan, vaan ajokaistat luokitellaan liikenteen määrän mukaan ensi- ja toissijaisiin liikennevirtoihin. (Austroads 1993.)

Mallissa raskas liikenne muunnetaan henkilöautoyksiköiksi (hay), jos sen osuus liikennevirrasta on yli 5 %. Tällöin kuorma- tai linja-auto on 2,0 hay ja perävaunullinen kuorma-auto 3,0 hay. Yksikaistaisessa kiertoliittymässä ajoneuvon hyväksikäyttämää osaa kiertotilasta kuvataan ns. tehollisella ajokaistamäärällä, joka kasvaa kiertotilan leveyden ja liikennemäärän kasvaessa (*liite 1*). Aikasuureet (kriittinen aikaväli, lähtöaikaväli ja seuranta-aikaväli) saadaan taulukoista (*liite 1*) tunnettaessa kiertoliittymän liikennemäärät, tulohaarojen ja kiertotilan ajokaistamäärä ja leveys sekä liittymän ulkohalkaisija. Toissijaisia (sub-dominant) liikennevirtoja välittävän ajokaistan aikasuureet saadaan ensisijaisia (dominant) liikennevirtoja välittävän ajokaistan aikasuureiden avulla, kun tunnetaan ensi- ja toissijaisen liikenteen määrien suhde. Välituskky lasketaan kaavalla (22). (Austroads 1993.)

$$C = \frac{3600(1-\Theta)q_c e^{-\lambda(t_a-\tau)}}{1-e^{-\lambda t_f}} \quad (22)$$

jossa C = tulosuunnan ajokaistan välituskky (hay/h)
 Θ = jonossa ajavien osuus kiertävässä liikenteessä (*liite 1*)
 q_c = kiertävä liikenne tulohaaran kohdalla (hay/s)
 t_a = kriittinen aikaväli (taulukoista [*liite 1*] erikseen ensi- ja toissijaiselle liikennevirralle) (s)
 t_f = liittyvän liikennevirran lähtöaikaväli (taulukoista [*liite 1*] erikseen ensi- ja toissijaiselle liikennevirralle) (s)
 τ = kiertävän liikenteen seuranta-aikaväli (*liite 1*)
 λ = määritellään seuraavasti:

$$\lambda = \frac{(1-\Theta)q_c}{1-\tau q_c}$$

Tulohaaran ajokaistan käyttösuhte x määritellään seuraavasti:

$$x = \frac{Q_m}{C} \quad (23)$$

jossa Q_m = tulohaaran ajokaistan liikenne (hay/h)
 C = ajokaistan välituskky yhtälön (22) perusteella (hay/h).

Välituskkytarkasteluissa ajokaistan käyttösuhte saa olla korkeintaan 0,8 - 0,9.

Viivytys d on odotusajan w_m ja ajon aikaisen viivytyksen d_s summa ja se määritellään ajokaistoittain kullekin tulosuunnalle.

Odotusaika määritetään vähäisen liittyvän liikenteen jonotusajan (w_h) avulla seuraavasti:

$$w_h = \frac{e^{\lambda(t_a - \tau)}}{(1-\theta)q_c} - t_a - \frac{1}{\lambda} + \frac{\lambda\tau^2 - 2\tau\theta}{2(\lambda\tau + 1 - \theta)} \quad (24)$$

$$w_m = w_h + 900 T (Z + \sqrt{Z^2 + \frac{mX}{CT}}) \quad (25)$$

jossa

- q_c = kiertävä liikenne tulohaaran kohdalla (hay/s)
- w_h = odotusaika, kun tulohaaran liikennemäärä on alhainen (s)
- w_m = keskimääräinen odotusaika (s)
- T = ajanjakso, jolla keskimääräisen tulohaaran liikennemäärä on määritetty (0,5 /1 h)
- Z = $x - 1$
- m = $w_h * C/450$.

Ajon aikainen viivytys jaetaan mallissa kahteen osaan:

1. ajon aikainen viivytys niille ajoneuvoille, joiden ei tarvitse pysähtyä kiertotilaan ajaessaan (hidastaminen halutusta nopeudesta kiertotilanopeuteen, ajaminen kiertotilanopeudella ja kiihdyttäminen haluttuun nopeuteen)
2. ajon aikainen viivytys niille ajoneuvoille, jotka joutuvat pysähtymään ennen ajamistaan kiertotilaan (hidastaminen halutusta nopeudesta jonoon tai väistämisviivalle, kiihdyttäminen kiertotilanopeuteen, ajaminen kiertotilanopeudella ja kiihdyttäminen haluttuun nopeuteen).

Ajon aikaisen viivytyksen yhtälö on muotoa:

$$d_g = P_s d_s + (1 - P_s) d_u \quad (26)$$

jossa

- P_s = pysähtymään joutuvien ajoneuvojen osuus
- d_s = pysähtymään joutuvien ajoneuvojen ajon aikainen viivytys (s)
- d_u = kiertotilaan pysähtymättä ajavien ajoneuvojen ajon aikainen viivytys (s).

Kaavan (26) termien arvot saadaan, kun tunnetaan ajonopeus ennen hidastamista, etäisyys pysähtymismatkan päästä väistämisviivalta poistumishaaran alkuun sekä ajonopeus kiertotilassa (liite 1/4-5).

Viivytys d (s/hay) ajokaistaa kohti on:

$$d = w_m + d_g \quad (27)$$

Kaksikaistaisen tulohaaran viivytys lasketaan ensi- ja toissijaisten virtojen viivytysten ja liikennemäärien osuuksien avulla:

$$d_{1,2} = \frac{Q_1 d_1 + Q_2 d_2}{Q_1 + Q_2} \quad (28)$$

jossa

- $d_{1,2}$ = kaksikaistaisen tulohaaran viivytys (s/hay)
- Q_1 = ensisijaisen ajokaistan liikennemäärä (hay/h)
- d_1 = ensisijaisen ajokaistan liikenteen viivytys (s/hay)
- Q_2 = toissijaisen ajokaistan liikennemäärä (hay/h)
- d_2 = toissijaisen ajokaistan liikenteen viivytys (s/hay).

Keskimääräinen jonon pituus n_w (hay/ajokaista) saadaan seuraavasti:

$$n_w = w_m Q_m, \text{ kun } x < 1 \quad (29)$$

Karkea sääntö 95 % jononpituudelle on $3 * n_w$, jota käytetään jonotustilan mitoittamiseen. (Austroads 1993.)

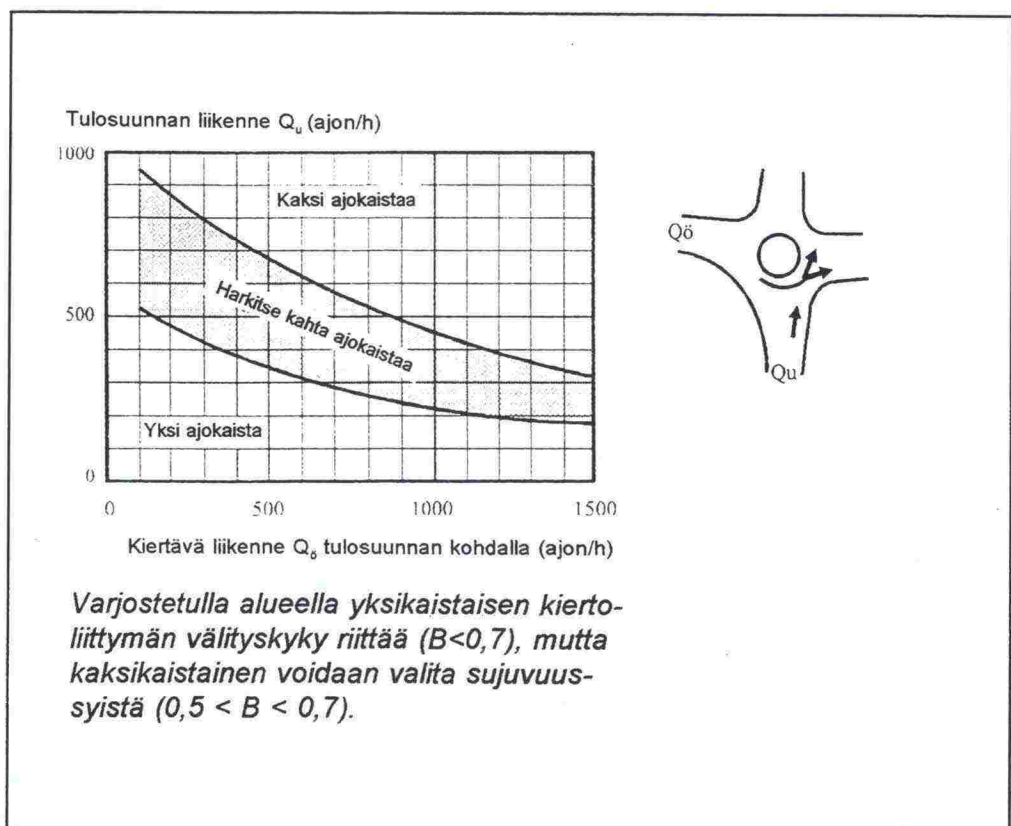
3 ULKOMAISIA SUUNNITTELUPERIAATTEITA

3.1 Ruotsi

3.1.1 Kiertoliittymän tyyppi

Kaksikaistaisen tulohaaran tarve voidaan arvioida karkeasti *kuvan 9* käyristä. Käyrät on laadittu siten, että toinen ajokaista on rakennettava kuormitusasteen B (kaava 4) ylittäessä arvon 0,7 ja se voidaan rakentaa, kun $0,5 < B < 0,7$. Liikenne-ennusteen tarkastelu-aika on 20 vuotta. Mitoitusliikenteen määränä käytetään maaseutu-olosuhteissa 12 % ja taajamaolosuhteissa 9 - 10 % KVL:stä. Koko kiertotila on syytä rakentaa kaksikaistaiseksi, jos jokin tulohaaroista on kaksikaistainen (tätä suositusta ei kuitenkaan aina ole noudatettu). Yleensä kiertoliittymä on rakennettu kaksikaistaiseksi, kun pääsuunnan KVL on yli 10 000 ajon/d. (Stenberg 1994, Vägverket 1994.)

Poistumishaaran ajokaistan välityskyky on noin 1 500 ajon/h. Lisäkaistan tarvetta laskettaessa kuormitusastevaatimukset ovat samat kuin tulohaaran osalta. (Vägverket 1994.)

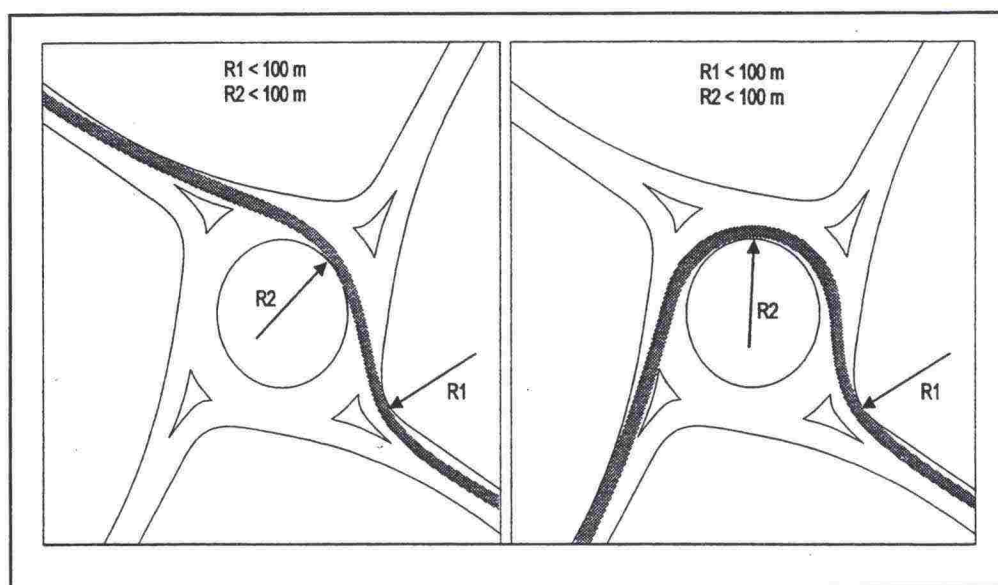


Kuva 9: Kiertoliittymän ajokaistamäärä ruotsalaisten laskentaohjeiden mukaan (Vägverket 1994).

3.1.2 Mitoitus

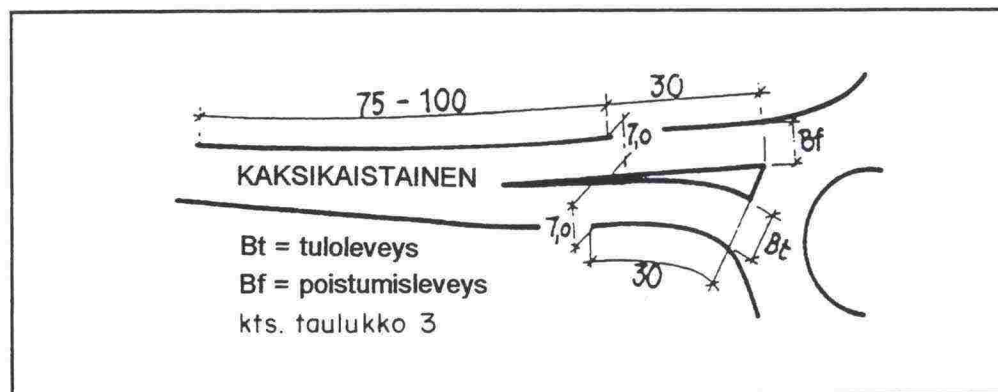
Kaksikaistaisen kiertoliittymän kiertosaarekkeen minimisäde on 15 metriä. Tätä suurempia säteitä voidaan käyttää, jos liittyvät väylät ovat leveitä (esim. kaksiajorataisia) tai jos kiertoliittymä on eritasoliittymässä. (Vägverket 1994.)

Kiertoliittymän tulohaara ja kiertotila on suunniteltava siten, että niiden kohdalla ajouran säde on alle 100 m (kuva 10). Tämä vastaa noin 50 km/h ajonopeutta. (Vägverket 1994.)



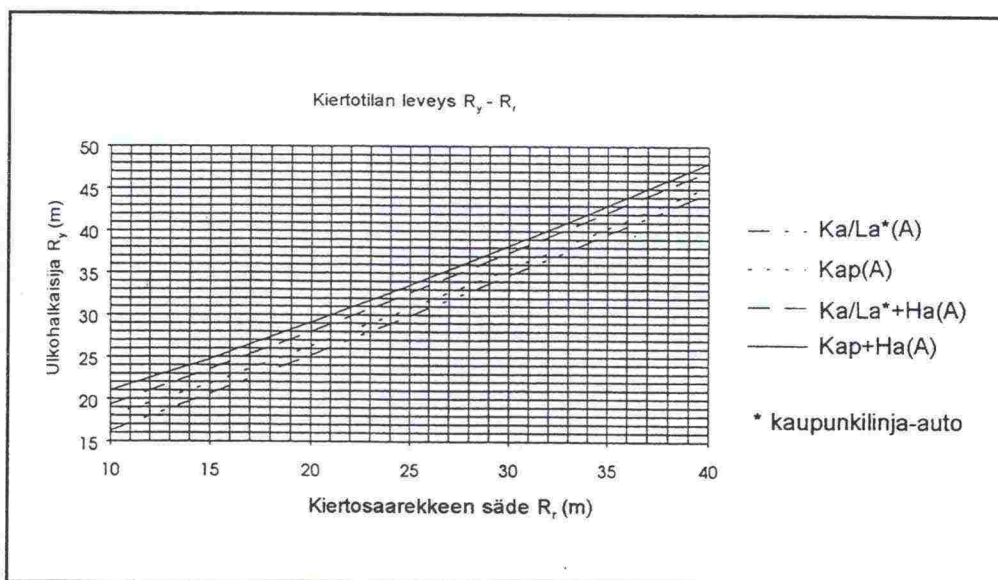
Kuva 10: Kiertoliittymän muotoiluperiaatteet ruotsalaisissa suunnitteluohjeissa (Vägverket 1994).

Kaksikaistaisen tulo- ja poistumishaaran mitoitus on esitetty kuvassa 11 (Vägverket 1994).



Kuva 11: Kaksikaistaisen kiertoliittymän tulo- ja poistumishaarojen mitoitus ruotsalaisissa suunnitteluohjeissa (Vägverket 1994).

Kaksikaistainen kiertotila mitoitetaan yleisillä teillä siten, että kiertotilaan mahtuu rinnakkain henkilöauto (P) ja puoliperävaunullinen tai täysperävaunullinen kuorma-auto (LPs). Kiertotilan leveys määritetään kuvasta 12, josta se saadaan kiertotilan ulkoreunaan piirretyn ympyrän säteen R_y ja kiertosaarekkeen säteen R_x erotuksena. (Vägverket 1994.)



Kuva 12: Kiertotilan leveyden ($R_y - R_x$) määrittäminen kiertosaarekkeen säteen R_x avulla ruotsalaisissa suunnitteluohjeissa (kaksikaistaisen kiertotilan mitoittava liikennetilanne: Kap + Ha, ajotapa A) (Vägverket 1994).

Kaksikaistaisen tulosuunnan tuloleveyden on oltava vähintään 7,0 metriä 30 metrin matkalla ennen väistämisviivaa, jotta pitkä ajoneuvo ei estä takanaan tulevan ajoneuvon kulkua. Tuloleveydet saadaan liittymäkaaresäteeseen R_m avulla taulukosta 3. Tulohaaraa voidaan taivuttaa vasemmalle 5 - 10 gon ajonopeuksiltaan ja kooltaan suurissa kiertoliittymissä. Tulosuunnan liikennesaarekkeen reunan jatkeen tulee sivuta kiertosaarekettä. (Vägverket 1994.)

Taulukko 3: Yksi- ja kaksikaistaisen kiertoliittymän tulo- ja poistumislevyysien vähimmäisarvot ruotsalaisissa suunnitteluohjeissa (Vägverket 1994).

Ajokais- tamäärä	Mitoittava liikennetilanne		Tuloleveyden Bt vähimmäisar- vo liittymäkaaresäteeseen R_m mukaan (m)		Poistumisleveys Bf, kun poistumissäde on 100 - 200 m (m)
	Ajoneuvo	Raskas liikenne	R_m 10 - 14 m	R_m 15 - 25 m	
1	Ka/La	-	6,0	5,5	5,0
1	Kap	-	6,5	6,0	5,5
2	Ha + Ka/La	vähäinen	7,5	7,0	7,0
2	Ha + Kap	normaali	10,0	9,5	7,0

Kaksikaistaisen poistumissuunnan poistumisleveys ei saa alittaa 7,0 metriä 30 metrin matkalla kiertotilan reunasta. Poistumishaaran säteen tulee olla 150 - 250 metriä. Poistumissuunnan liikennesaarekkeen reunan jatkeen tulee sivuta kiertosaarekettä. Jos poistumissuunnan väylä on yksikaistainen, poistumissuunta kavennetaan yksikaistaiseksi noin 130 metrin matkalla. (Vägverket 1994.)

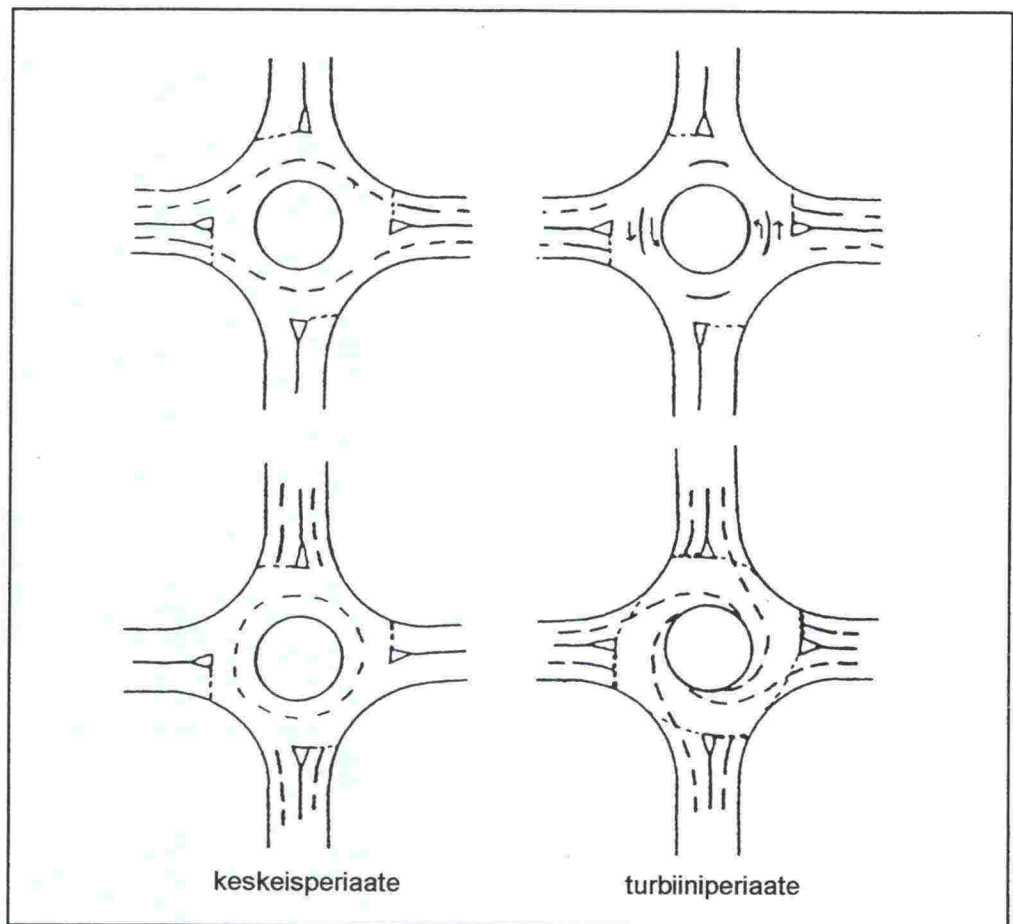
Sivukaltevuus ei saa kiertotilassa olla suurempi kuin 2,5 %. Se toteutetaan yksipuolisena ulospäin. Pituuskaltevuuden maksimiarvo tulo- ja poistumishaaroilla on 5 % (väistämiskiivon läheisyydessä 2,5 %). (Vägverket 1994.)

3.1.3 Liikenteen ohjaus

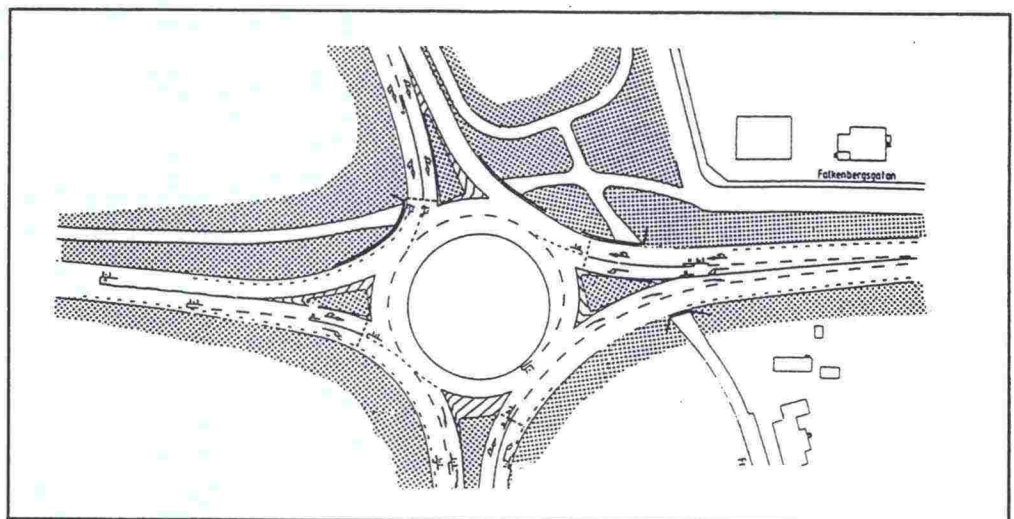
Kaksikaistaisia kiertoliittymiä on toteutettu sekä kiertotilan tiemerkinnöin että niitä ilman. Tavallisesti liittymissä kuitenkin on ajokaistanuolet ja usein myös ryhmittymismerkit. Kaksikaistaisen kiertoliittymien ajokaistamerkintätavat vaihtelevat suuresti (*kuva 13*). Hyvin harvoissa niistä ei ole lainkaan merkintöjä kiertotilassa. Turbiinityyppisiä ajokaistamerkintöjä (*kuva 13, oikealla alhaalla*) käytetään varsinkin suurissa kaksikaistaisissa kiertoliittymissä. Ryhmittymissäännöt ovat hieman epäselvät: jos ajokaistanuolia ei ole, autoilija voi käyttää kiertotilassa kumpaa ajokaistaa tahansa. (Nordiska Vägtekniska Förbundet 1984, Stenberg 1994.) *Kuvassa 14* on esimerkki kiertoliittymästä, jossa suurimmat liikennevirrat on otettu huomioon tiemerkintöjä suunniteltaessa (Liber Förlag 1985).

Kiertoliittymässä väistämiskiiva porrastetaan *kuvan 15* mukaisesti, jos ajokaistojen väistämiskiivojen välinen etäisyys *a* on yli 1,0 m (Trafiksäkerhetsverket 1990).

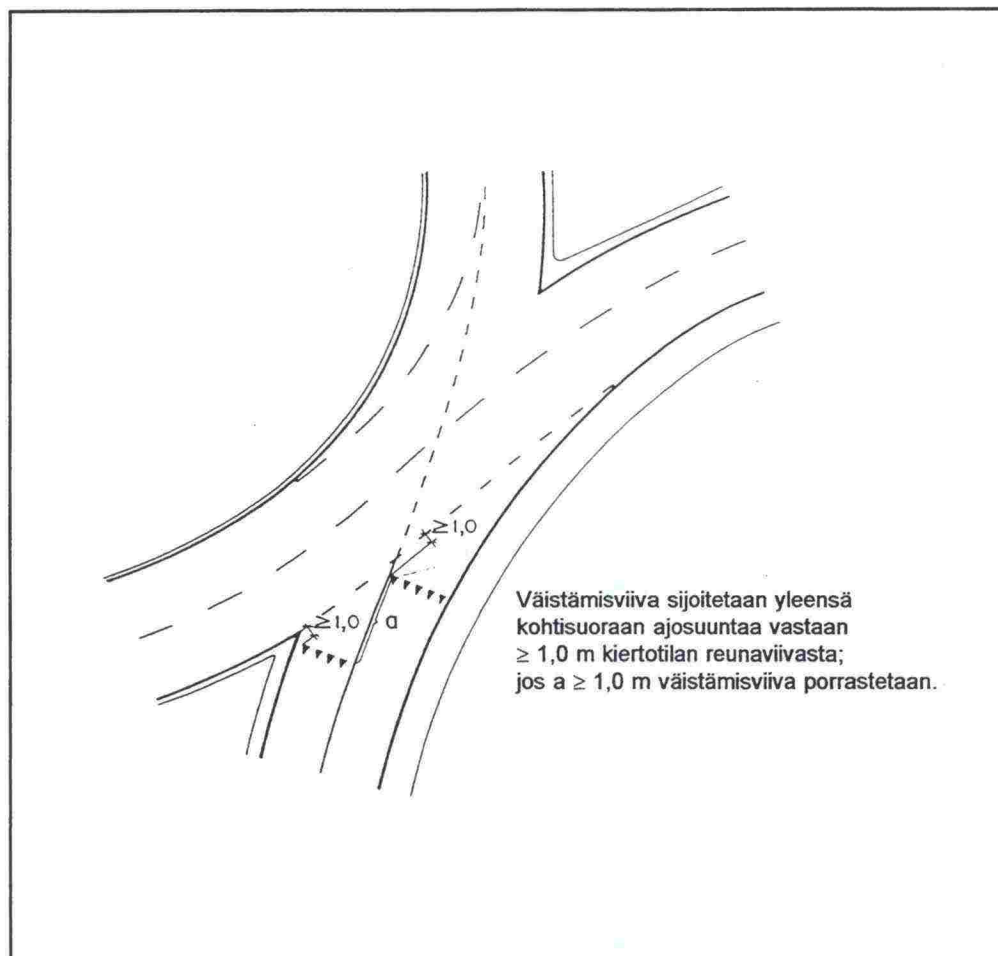
Jos kiertoliittymä sijaitsee yli 70 km/h nopeusrajoitusalueella, nopeusrajoitusta alennetaan 100 - 300 metriä ennen liittymää 70/50 km/h:iin. Välittömästi kiertoliittymän jälkeen nopeusrajoitus nostetaan takaisin alkuperäiseen. (Stenberg 1994.)



Kuva 13: Erilaisia tiemerkintätapoja ruotsalaisissa kiertoliittymissä (Nordiska Vägtekniska Förbund 1984).



Kuva 14: Esimerkki kiertoliittymästä, jossa suurin liikennevirta on otettu huomioon tiemerkintöjen avulla (Liber Förlag 1985).



Kuva 15: Porrastettu kiertoliittymän väistämisviiva ruotsalaisessa tiemer-
kintäohjeessa (Trafiksäkerhetsverket 1990).

Näkemien mitoituksessa ei ole mitään erityisvaatimuksia kaksikaistaisille kiertoliittymille (Vägverket 1993).

3.1.4 Kevyt liikenne

Kaksikaistaisten kiertoliittymien kevyt liikenne suositellaan järjestettäväksi eritasoon. Esikaupunkialueiden kiertoliittymien suojateillä käytetään liikenne-
merkkejä ja tiemer-
kintöjä, toisinaan myös liikennevaloja. Keskusta-alueilla ei yleensä ole kiertoliittymän yhteydessä erillisiä kevyen liikenteen väyliä ja taajaman ulkopuolella niitä ei yleensä ole lainkaan. (Stenberg 1994.)

3.1.5 Liikenneturvallisuus

Ruotsissa ei ole eroteltu onnettomuuksia kiertoliittymän ajokaistamäärän mukaan. Kuitenkin ajokaistamäärä yleensä kasvaa kiertosaarekkeen säteen kasvaessa, samoin kiertotilan ajonopeudet. Sen vuoksi suurten kiertoliittymien arvioidaan olevan pieniä vaarallisempia. (Stenberg 1994.)

Tavallisimmat kiertoliittymien onnettomuustyyppit ovat (Stenberg 1994)

*	yksittäisonnettomuudet	27 %
*	törmäykset tulohaaran suulla	19 %
*	peräänajot	18 %
*	törmäys kiertoliikkeessä ("kylkikolari")	13 %

Törmäys kiertoliikkeessä voi tapahtua ainoastaan kaksikaistaisessa tai kiertotilan leveyden perusteella sellaiseksi luettavassa kiertoliittymässä.

3.2 Iso-Britannia

3.2.1 Kiertoliittymän tyyppi

Iso-Britannian noin 4 500:sta kiertoliittymästä suuri osa on kaksi- tai useampi-kaistaisia. Tämä johtuu suunnitteluohjeista, jotka suosittelevat lisäämään tulosuunnan ajokaistamäärää liittymäalueella (kts. luku 3.2.2).

Iso-Britannian kiertoliittymätyyppejä, niiden käyttöä ja mitoitusta on selostettu tarkemmin julkaisussa "Kiertoliittymät ja niiden välityskyky" (TIEH, Kehittämiskeskus 1991).

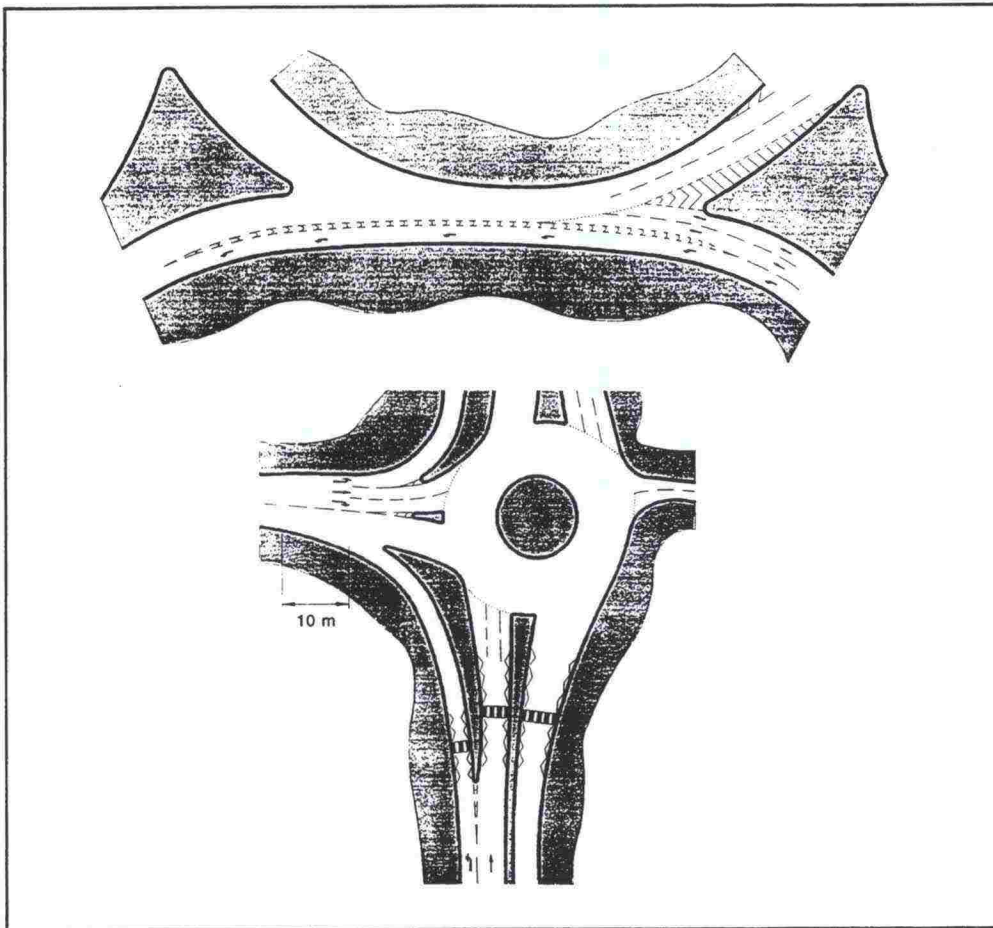
3.2.2 Mitoitus

Iso-Britanniassa kiertotilan leveys (ajokaistamäärä) määräytyy suurimman tuloleveyden ja mitoitusajoneuvon (15,5 m pitkä puoliperävaunullinen kuorma-auto) vaatiman kiertotilan ulkohalkaisijan perusteella. Kiertotilan leveyden tulee olla 1,0 - 1,2 -kertainen suurimpaan tuloleveyteen verrattuna, ei kuitenkaan yli 15 metriä. Pienissä kiertoliittymissä (kiertosaarekkeen halkaisija 8 - 18 m) voidaan pitkiä ajoneuvoja varten rakentaa kiertotilan kavennus, joka alentaa lyhyiden ajoneuvojen nopeuksia. (The Department of Transport et al. 1993.)

Tulosuunnalle suositellaan vähintään yhtä lisäkaistaa. Lisäkaistoja tulisi rakentaa korkeintaan kaksi, mutta yli nelikaistaisia tulosuuntia ei tule rakentaa. Ajokaistan tuloleveyden väistämisviivan kohdalla tulee olla vähintään 3,0 metriä. Yksiajorataisen tulosuunnan sisään tulon kohdalla tuloleveyden maksimiarvo on 10,5 metriä ja kaksiajorataisen 15,0 metriä. (The Department of Transport et al. 1993.)

Jos vasemmalle kääntyvän liikenteen määrä on yli 300 ajon/h tai sen osuus tulosuunnan liikenteestä on yli 50 %, kiertoliittymään voidaan rakentaa kiertoliittymän ohittava vasemmalle kääntymiskaista (segregated left turning lane). Jos vasemmalle kääntyvä liikennevirta on enimmäkseen henkilöauto-liikennettä ja kiertotilasta poistuvasta liikennevirrasta suuri osa on pyöräilijöitä ja/tai raskasta liikennettä, vasemmalle kääntymiskaista tulisi em. liikennevirtojen nopeusero-ongelmien vuoksi päättää väistämisviivaan - varsinkin ylämaässä. Kiertoliittymän ohittavan vasemmalle kääntymiskaistan on havaittu välittävän noin 1 300 ajon/h. Teoreettinen välityskyky on noin 1 800 ajon/h.

Kiertoliittymän ohittava vasemmalle kääntymiskaista voidaan tehdä joko tiemerkintöjen tai korokkeiden avulla. Tiemerkintöjen avulla toteutettava ratkaisu on korokeratkaisua yleisempi mutta ei yhtä tehokas, koska se on altis väärinkäytölle. Sitä ei suositella, jos kääntyvä liikennevirta on väistämisvelvollinen. Liittymäalueen pituuden on oltava vähintään 10 m (kuva 16). Vasemmalle kääntymiskaistan toiminta ei saa heikentyä kiertotilaan jonottavan liikenteen vuoksi. Lisäksi tulohaaran liikennejärjestelyt tulee suunnitella riittävän selkeiksi, jotta vasemmalle kääntymiskaistalle ajaminen on sujuvaa.



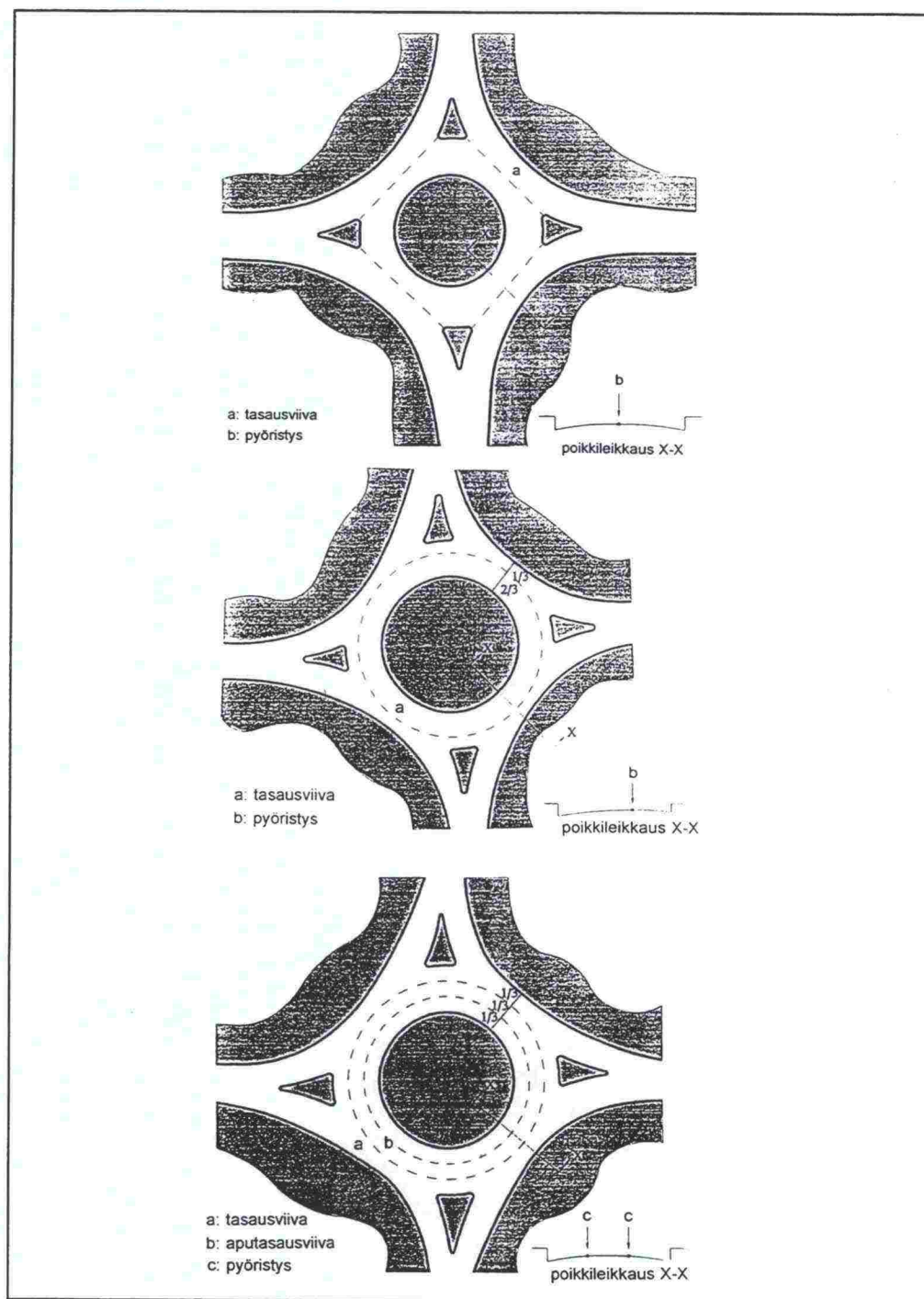
Kuva 16: Kiertoliittymän ohittavan vasemmalle kääntymiskaistan toteuttamistapoja (vasemmanpuoleinen liikenne). (The Department of Transport et al. 1993).

Kiertoliittymän ohittava vasemmalle kääntymiskaista ei saa nostaa ajonopeuksia. Mitoitusnopeus ei saa olla suurempi kuin tulo- tai poistumissuuntien mitoitussuure. Tiemerkintöjen avulla toteutetussa ratkaisussa sulkualueen leveyden tulee olla vähintään 1,0 m. Vian takia kääntymiskaistalle pysähtyneen ajoneuvon ohittamiseen ei tarvitse varata tilaa, vaan tällöin vasemmalle voidaan kääntyä joko ohittamalla pysähtynyt ajoneuvo sulkualueen yli ajaen tai ajamalla kiertotilan kautta.

Kiertotilan sivukaltevuuden tulisi olla kuivatussyistä 2 % (enintään 2,5 %). Tulosuunnan sisään tulon kohdalla se voi olla korkeintaan 5 %. Kiertotilan

sivukaltevuudet voidaan suunnitella *kuvan 17* periaatteilla. (The Department of Transport et al. 1993.)

Tulosuunnan pituuskaltevuus saa olla sisääntulon kohdalla korkeintaan 2 % (The Department of Transport et al. 1993).



Kuva 17: Kiertotilan sivukaltevuuden suunnitteluperiaatteet Iso-Britannian suunnitteluohjeissa (The Department of Transport et al. 1993).

3.2.3 Liikenteen ohjaus

Ainoastaan yli kaksikaistaisilla tulosuunnilla käytetään ajokaistaviivoja.

Kiertotilassa ei suositella käytettäväksi ajokaistaviivoja eikä -nuolia ellei kiertoliittymä ole poikkeuksellisen laaja ja osittain valo-ohjauksinen sekä koostu useasta kiertosaarekkeesta. (The Department of Transport et al. 1993.)

Paraikaa on meneillään kiertotilan ajokaistaviivojen ja -nuolien vaikutusta selvittävä tutkimus (Dowell 1994).

Kiertotilan ohittavan vasemmalle kääntymiskaistan liikenteen ohjaus hoidetaan tiemerkinnoilla ja ajokaistanuolilla (The Department of Transport et al. 1993).

3.2.4 Kevyt liikenne

Kevyt liikenne suositellaan kiertoliittymissä eroteltavaksi omille erillisille väylilleen ja ylikulut järjestettäväksi taso- tai eritasoratkaisuna. Pyörätie voidaan myös johtaa liittymäalueen ulkopuolelta kiertoliittymän ohi. Jos pyöräliikenteen erottelu ei ole liikennetaloudellisesti kannattavaa, ratkaisuksi voidaan valita valo-ohjauksinen kierto- tai muu tasoliittymä. Valo-ohjauksista suojatietä voidaan harkita, jos kevyen liikenteen väylä on tarkoitettu vain pyöräilijöille.

Kiertoliittymän ohittavalle vasemmalle kääntymiskaistalle saa sijoittaa suojatien vain, jos kääntymiskaista on erotettu muusta tulosuunnasta korokkeella. Tiemerkinnoin toteutetussa ratkaisussa kevyt liikenne on kaiteiden avulla johdettava turvallisempaan ylityskohtaan (The Department of Transport et al. 1993).

3.2.5 Liikenneturvallisuus

Iso-Britannian onnettomuustilastoista ei ole erikseen saatavissa yksi- ja kaksikaistaisen kiertoliittymien onnettomuusasteita ja -määriä.

3.3 Norja

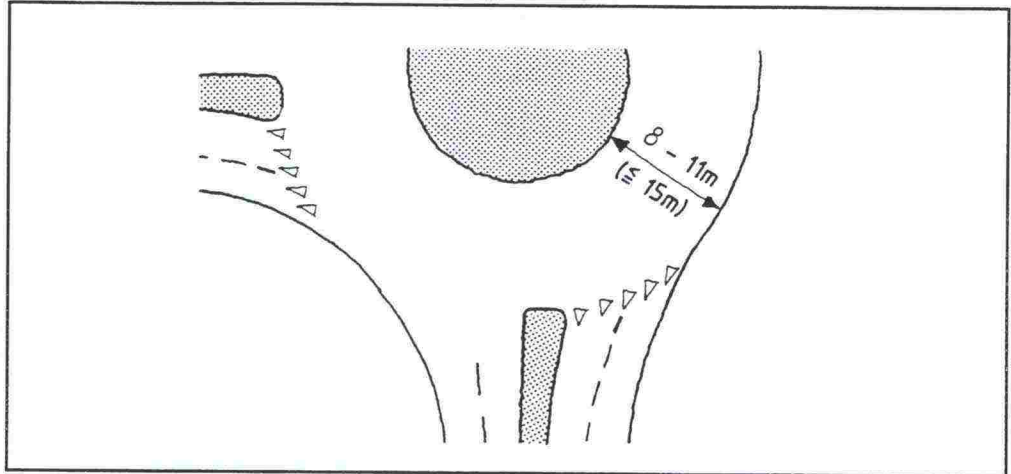
3.3.1 Kiertoliittymän tyyppi

Norjassa on nykyään noin 600 kiertoliittymää, joista yli 80 % on kaksikaistaisia. Suuri määrä johtuu englantilaisilta omaksutuista suunnitteluohjeista, joissa suositellaan leventämään tulosuuntaa liittymäalueella vähintään yhden ajokaistan verran. Kaksikaistaistaminen parantaa kiertoliittymän välityskykyä, mutta vaikeuttaa liittymässä ajamista ja voi heikentää mm. pyöräilijöiden liikenneturvallisuutta. Tämän vuoksi nykyisissä suunnitteluohjeissa yksikaistaisia kiertoliittymiä suositellaan liikennemääriltään pienille ja keskisuurille kokoojateille (samleveg) ja pääteille (hovedveg). Kaksikaistaisissa kiertoliittymissä voi olla myös yksikaistaisia tulohaaroja. (Seim 1994.)

3.3.2 Mitoitus

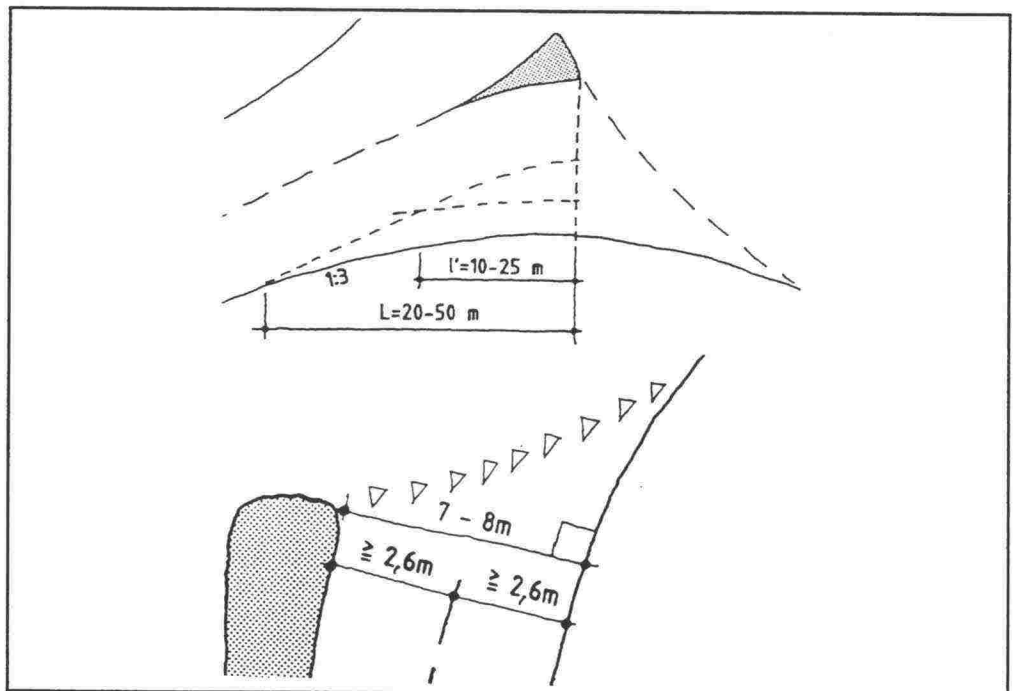
Norjan kiertoliittymien suunnittelu perustuu huomattavasti Iso-Britanniasta omaksuttuihin periaatteisiin.

Kiertotilan leveyden tulee normaalisti olla 8 - 11 m, eikä missään tapauksessa yli 15 m (*kuva 18*). Tarvittaessa kiertotilaan tehdään pitkiä ajoneuvoja varten kavennus, jotta kiertotilan maksimileveys ei ylitä. (Statens vegvesen 1993.)



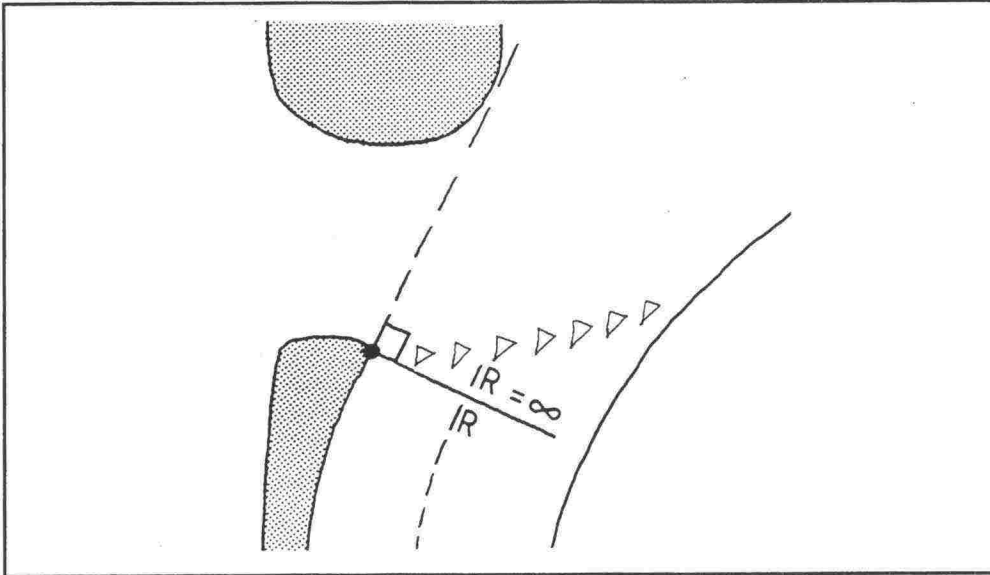
Kuva 18: Kiertotilan leveyden mitoitus (Statens vegvesen 1993).

Tuloleveyden tulee normaalisti olla 7 - 8 m. Kunkin ajokaistan leveyden on oltava vähintään 2,6 m. Tulosuunnan levennys alkaa 20 - 50 m ennen väistämisviivaa. Tulosuunnan ja -leveyden mitoitus on esitetty *kuvassa 19*. (Statens vegvesen 1993.)



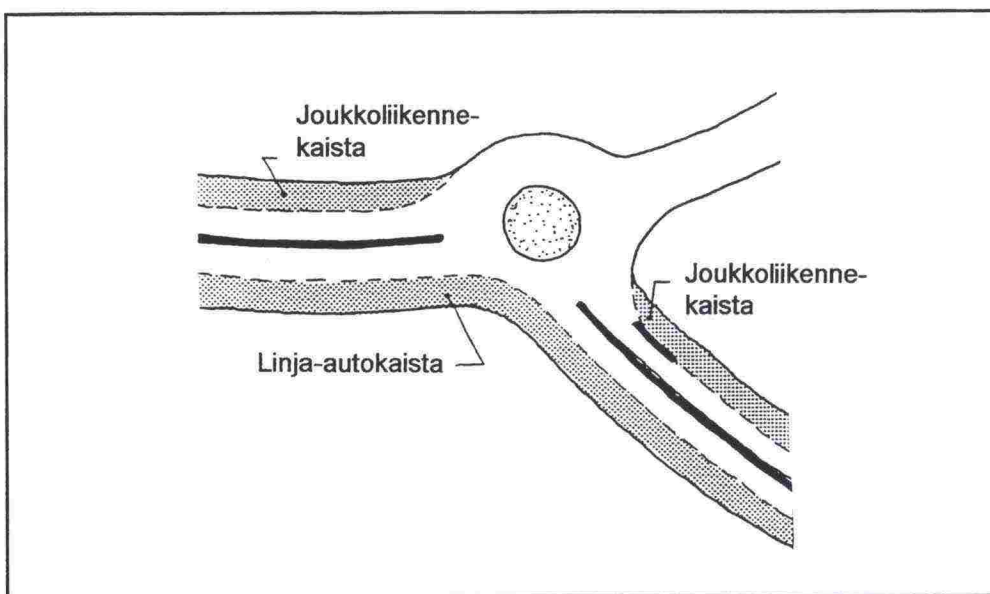
Kuva 19: Tulosuunnan mitoitus (Statens Vegvesen 1993).

Kaksi- tai useampikaistaisilla tulosuunnilla liittymäkaarresäteen tulee olla vähintään 30 m. Tulosuunnalla liikennesaarekkeen reunan jatkeen tulee sivuta kiertosaarekettä (kuva 20).



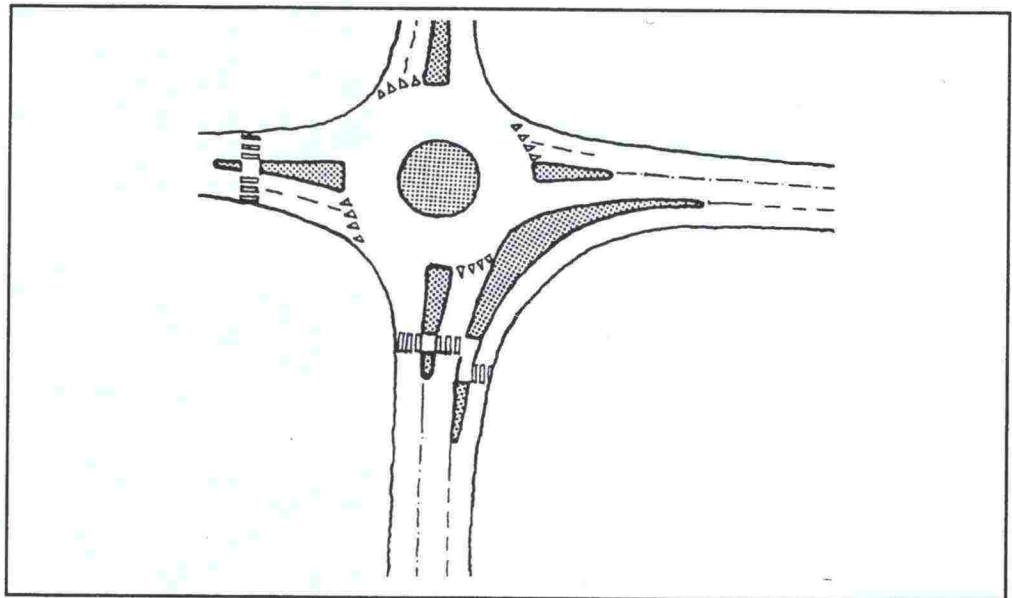
Kuva 20: Liikennesaarekkeen reunan muotoilu kaksi- tai useampikaistaisella tulosuunnalla (Statens vegvesen 1993).

Kiertoliittymään voidaan joukkoliikenteen sujuvoittamiseksi rakentaa erilliset ajokaistat (kuva 21) (Statens vegvesen 1993).



Kuva 21: Joukkoliikenteen etuisuuksia kiertoliittymässä (Statens vegvesen 1993)

Jos oikealle kääntyvä liikenne on erityisen suuri, kaksikaistaisella tulosuunnalla voidaan käyttää kiertoliittymän ohittavaa oikealle kääntymiskaistaa (filterfelt), joka päättyy vetoketjuperiaatteella toimivaan liittymiskaistaan (kuva 22). Ratkaisua ei kuitenkaan saa käyttää tarpeettomasti (Statens vegvesen 1993).



Kuva 22: Kiertoliittymän ohittava oikealle kääntymiskaista (Statens vegvesen 1993).

3.3.3 Liikenteen ohjaus

Norjassa tulosuunnan väistämisvelvollisuus osoitetaan väistämisviivalla sekä ajoradan molemminpuolisilla väistämisvelvollisuutta risteyksessä ja pakollista kiertosuuntaa osoittavilla liikennemerkkeillä. Kiertoliittymästä varoitetaan yhtäjaksoisesti etuajo-oikeutetuilla teillä merkkijhdistelmällä "väistämisvelvollisuus risteyksessä" ja "pakollinen kiertosuunta" sekä "etäisyys kohteeseen" -lisäkilvellä yleensä 150 m ennen liittymää. Merkkijhdistelmää voidaan käyttää myös muilla teillä, jos kiertoliittymä tai väistämisvelvollisuus tulee eteen yllättäen. "Liikennelympyrä" -varoituserkkiä voidaan käyttää vain, jos tie ei ole yhtäjaksoisesti etuajo-oikeutettu tai tulosuunnalla ei ole käytetty suunnistustaulua.

Yksi- ja kaksikaistaisten kiertoliittymien kiertotilassa ei yleensä käytetä tiemerkintöjä. Kolmikaistaisessa kiertotilassa voidaan käyttää ohjausviivoja.

Kaksikaistaisesta kiertoliittymästä poistutaan vain kiertotilan ulompaa ajokaistaa ajaen. Lisäksi Statens Vegvesen on antanut seuraavia ajo-ohjeita (Seim 1994):

- seuraavasta haarasta poistuva käyttää ulompaa ajokaistaa
- suoraan ajava voi ajaa kiertotilaan haluamaansa ajokaistaa, mutta ennen kiertotilasta poistumistaan hänen tulee siirtyä kiertotilan ulommalle ajokaistalle, minkä vuoksi ulomman ajokaistan käyttämistä suositellaan
- vasemmalle kääntyvän tai U-käännöstä tekevän autoilijan tulee käyttää sisempää ajokaistaa kiertotilaan ajaessaan ja siirtyä ulommalle ajokaistalle ennen liittymästä poistumistaan.

Suuntamerkin antamisesta pätevät yleiset suuntamerkin antamissäännöt. Kiertoliittymässä ajaville on lisäksi annettu seuraavia suosituksia (Seim 1994):

- *pienissä kiertoliittymissä*
 - oikealle kääntyvä antaa kiertotilaan ajaessaan suuntamerkin oikealle ja jatkaa merkin antamista, kunnes on poistunut kiertotilasta
 - suoraan ajava ei anna suuntamerkkiä kiertotilaan ajaessaan, mutta kiertotilasta poistuessaan antaa merkin oikealle, jos siihen jää aikaa
 - vasemmalle kääntyvä antaa suuntamerkin vasemmalle kiertotilaan ajaessaan ja oikealle sieltä poistuessaan, jos merkin antamiseen jää aikaa (tienkäyttäjät ja autokoulunopettajat eivät ole kovin hyvin omaksuneet tätä käytäntöä, minkä vuoksi suosituksesta saatetaan luopua)
- *suurissa kiertoliittymissä* kiertotilaan ajava ei anna suuntamerkkiä, mutta antaa kiertotilasta poistuessaan suuntamerkin oikealle.

Yleensä nopeusrajoituksia ei tarvitse alentaa kiertoliittymän vuoksi, mutta nopeustasoltaan suurilla väylillä nopeusrajoitusta usein alennetaan ennen kiertoliittymää (esim. 90 -> 70 -> 50 km/h tai 80 -> 60 km/h) (Seim 1994).

3.3.4 Kevyt liikenne

Kaksikaistaisessa kiertoliittymässä kevyt liikenne pyritään järjestämään eritasoon.

3.3.5 Liikenneturvallisuus

Kiertoliittymien onnettomuuksia ei ole eroteltu ajokaistojen määrän mukaan. Onnettomuusaste kuitenkin näyttää kasvavan kiertoliittymän koon kasvaessa: pienissä (ulkohalkaisija 26 - 30 m) kiertoliittymissä onnettomuusaste on keskimäärin 0,03 onn./10⁶ ajon ja keskikokoisissa (ulkohalkaisija 32 - 45 m) 0,06 onn./10⁶ ajon (Seim 1991). Kaksikaistaiset kiertoliittymät ovat joko keskikokoisia tai suuria, joten ne saattavat olla pieniä liittymiä turvattomampia.

3.4 Tanska

3.4.1 Kiertoliittymän tyyppi

Tanskassa kaksikaistaisia kiertoliittymiä on vain muutama. Niiden soveltuvuudesta ei ole ollut mahdollista saada riittävästi varmaa tietoa, jotta niitä olisi voitu käsitellä uusimmissa suunnitteluohjeissa. Kaksikaistaisen kiertoliittymän valitsemisen tulee perustua välityskyvyn, liikenneturvallisuuden, estetiikan, liikennetalouden jne. kokonaisarviointiin. (Vejdirektoratet 1995.)

3.4.2 Mitoitus

Kaksikaistaisen kiertoliittymän mitoituksesta ei ole annettu tarkkoja ohjeita. Välityskykyetujen saavuttamiseksi kaksikaistaisen kiertoliittymän sekoittumisalueen tulee olla pitkä, jotta autoilija ehtii vaihtaa ajokaistaa tulohaaran ja seuraavan poistumishaaran välillä. (Vejdirektoratet 1995.)

3.4.3 Liikenteen ohjaus

Jos kiertotilaan halutaan poikkeuksellisesti merkitä kaksi ajokaistaa, ulomman ajokaistan suositellaan olevan 0,5 - 1,0 m sisempää ajokaistaa leveämpi. Pitkät ajoneuvot tavallisesti ylittävät keskiviivan kiertotilassa ajaessaan (Vejdirektoratet 1995).

3.4.4 Kevyt liikenne

Liikenneturvallisuuksista kaksikaistaisen kiertoliittymän pyöräliikenne suositellaan järjestettäväksi eritasoon (Vejdirektoratet 1995).

3.4.5 Liikenneturvallisuus

Kaksikaistainen kiertoliittymä ei aina alenna ajonopeuksia yhtä tehokkaasti kuin yksikaistainen. Suurimman mahdollisen ajonopeuden säilyttämiseksi autoilijoilla on vähäisen liikenteen aikana taipumusta oikaista liittymän kiertotilassa ajokaistaviivoista piittaamatta suorinta mahdollista ajolinjaa (Vejdirektoratet 1995).

Kaksikaistaisen kiertoliittymän onnettomuusasteista ei ole saatavilla tietoa.

3.5 Saksa

3.5.1 Kiertoliittymän tyyppi

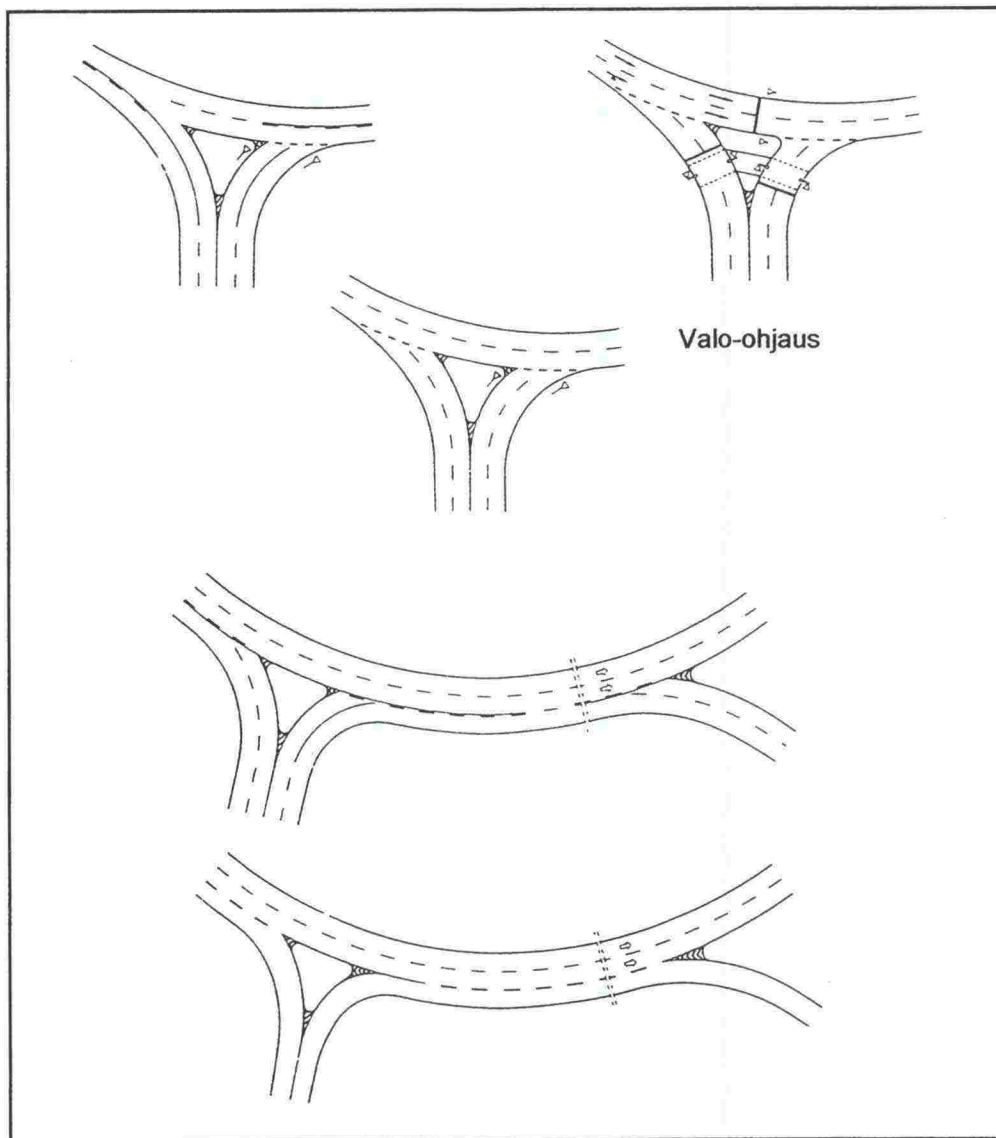
Saksassa on tätä nykyä noin 500 yksikaistaista ja 40 kaksikaistaista kiertoliittymää. Kaksikaistaisia kiertoliittymiä on rakennettu sellaisiin kohteisiin, joissa KVL on alle 40 000 ajon/d. Liittyvien väylien tyyppi ja nopeusrajoitukset eivät rajoita kiertoliittymän käyttöä. Kaksikaistaisen kiertoliittymän käyttöä on rajoitettu, koska uusien muotoiluperaatteiden mukaan rakennetuista kiertoliittymistä ei ole vielä riittävästi kokemuksia. (Brilon 1994.) Saksan liikenneministeriö on kuitenkin kiinnostunut saamaan niistä lisää kokemuksia ja tutkimustuloksia (Rohloff 1995).

3.5.2 Mitoitus

Saksalaisessa suunnitteluohjeissa käsitellään lähinnä yksikaistaisen kiertoliittymän mitoitusta. Kaksikaistaisen kiertoliittymän ulkohalkaisija ei saa olla yli 40 - 45 m, jotta ajoneuvojen nopeudet kiertotilassa eivät nouse liian suuriksi. Konfliktipisteiden määrän vähentämiseksi tulo- ja poistumissuunnat tulee kuitenkin ensi sijassa toteuttaa yksikaistaisina - myös kaksi- tai useampikaistaisilla kaduilla (Rohloff 1995).

3.5.3 Liikenteen ohjaus

Kaksikaistaisen kiertoliittymän liikenteen ohjauksesta ja nopeusrajoituksista ei ole olemassa normeja, mutta liittymän läheisyydessä suositellaan korkeintaan 50 km/h:n nopeusrajoitusta. Kuvassa 23 on esitetty Saksan liittymäsuunnitteluohjeissa mainittuja esimerkkejä suurten kiertoliittymien ajokaistamaalauksista (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 1988).



Kuva 23: Esimerkkejä Saksassa käytettävistä tiemerkitävoista suurissa kiertoliittymissä (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 1988).

3.5.4 Kevyt liikenne

Yksikaistaisessa kiertoliittymässä kevyt liikenne voidaan johtaa kiertotilaan, mutta erillisiä polkupyöräkaistoja ei kiertotilaan suositella. Kaksikaistaisen kiertoliittymän kevyt liikenne tulisi aina järjestää eritasoon.

3.5.5 Liikenneturvallisuus

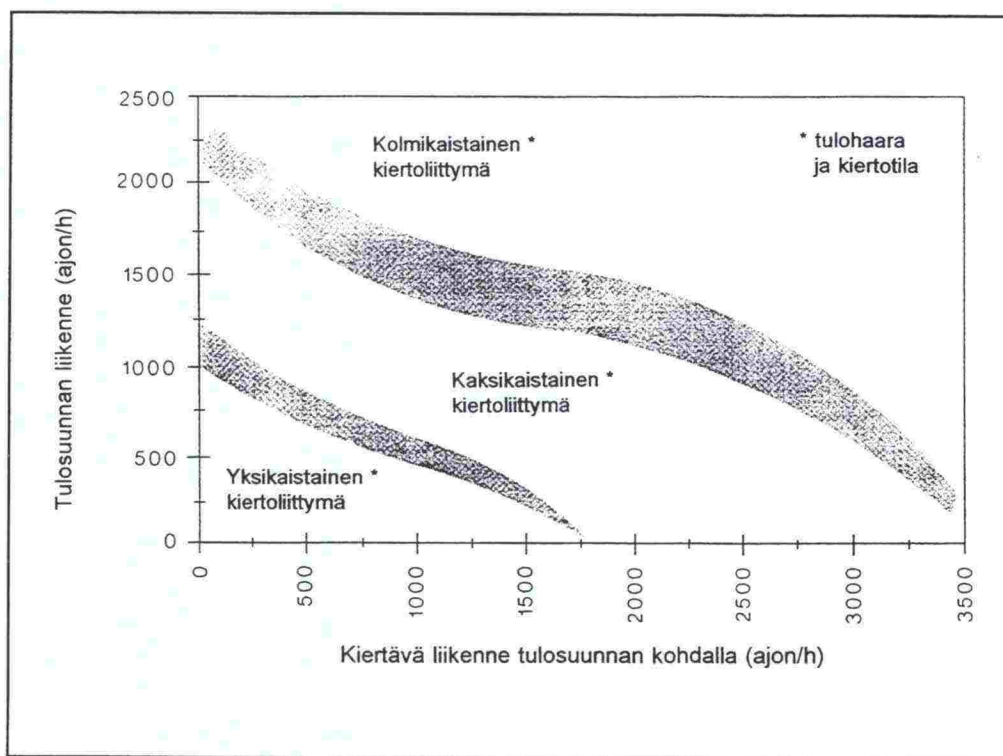
Kaksikaistaisen kiertoliittymän yleisimmät onnettomuustyytit ovat kiertosaa- rekkeeseen törmäminen ja peräänajo sisääntulon kohdalla.

3.6 Australia

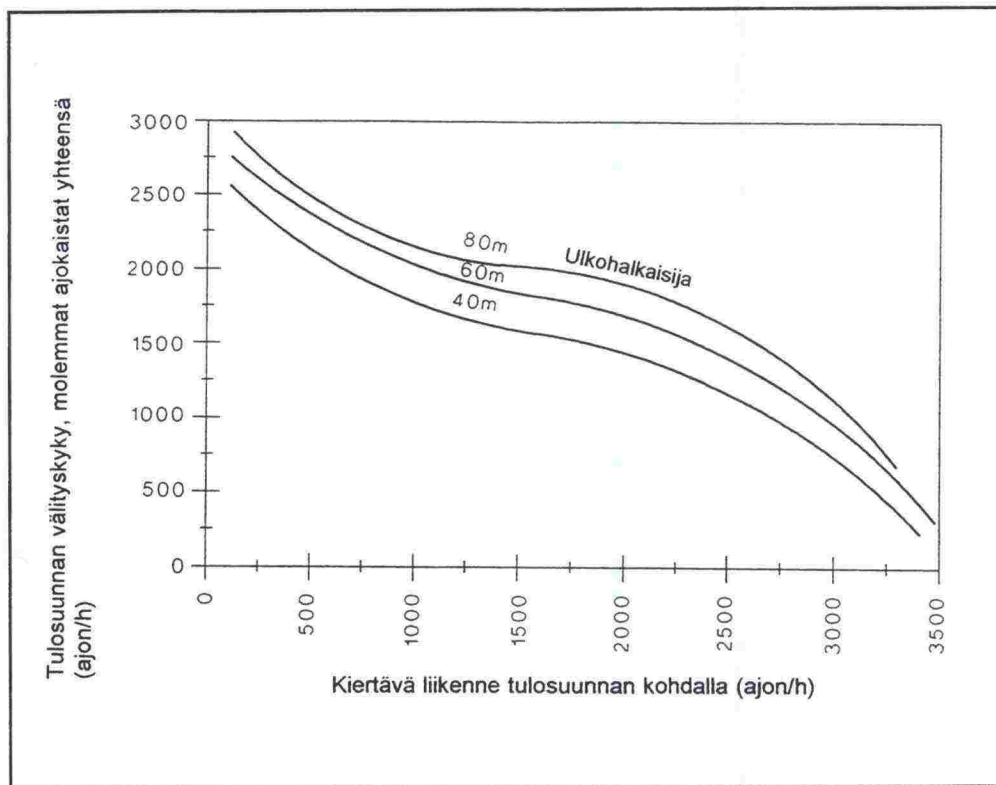
3.6.1 Kiertoliittymän tyyppi

Australialaisessa menetelmässä kiertoliittymän tyyppi valitaan karkeasti *kuvan 24* perusteella. Kiertotilan ajokaistojen lukumäärä määräytyy monikaistaisimman tulosuunnan mukaan. Monikaistaisen kiertoliittymän tulosuunta voi olla joko monikaistainen väylä tai liittymäalueella monikaistaiseksi levennetty sisääntulo (esim. runsaasti kääntyvää liikennettä). (Austroads 1993.)

Kaksikaistaisen tulosuunnan yhteenlaskettu välityskyky riippuu kiertävän liikenteen ohella kiertotilan ulkohalkaisijasta (*kuva 25*).



Kuva 24: Kiertoliittymätyypin valitseminen, australialainen suunnitteluohje (Austroads 1993).



Kuva 25: Kaksikaistaisen tulohaaran (ajokaistan leveys 4 m) välityskyky kiertävän liikenteen määrän ja ulkohalkaisijan funktiona kaksikaistaisessa kiertoliittymässä (Austroads 1993).

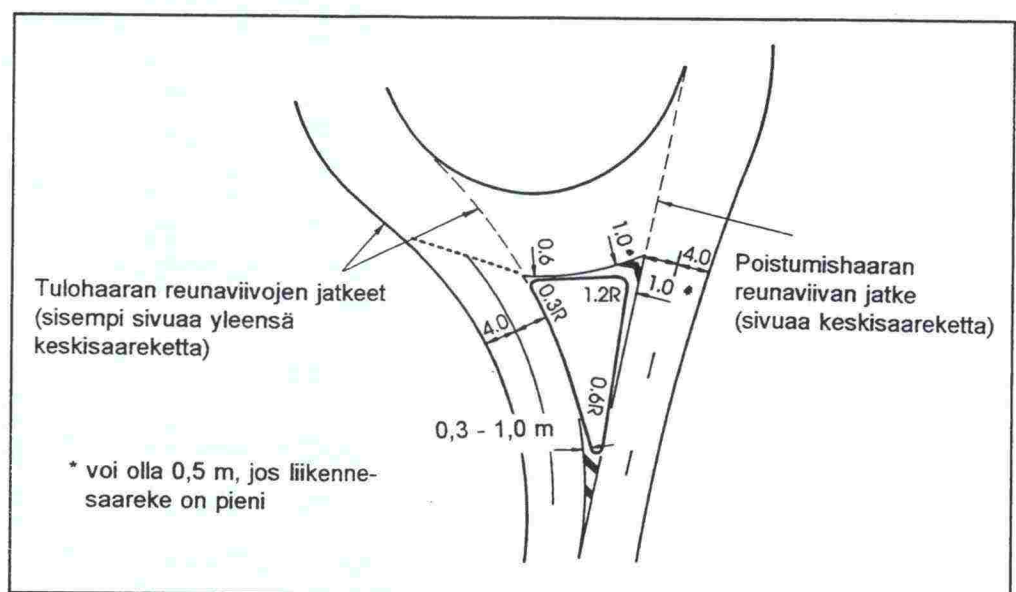
3.6.2 Mitoitus

Kiertotilan leveys määräytyy lähinnä tulosuunnan ajokaistamäärän ja ajouran sisemmän säteen mukaan. Taulukossa 4 on esitetty ajouran säteen mukaan kaksikaistaisen kiertotilan leveys (kiertosaarekkeen reunasta reunaviivaan).

Kuvassa 26 on esitetty taajama-alueen kaksikaistaisen kiertoliittymän tulo- ja poistumissuuntien mitoitus. Tulosuunnassa liikennesaarekkeen reunan jatke sivuaa yleensä kiertosaarekettä, mutta voi erikoistapauksessa leikata sitä. Poistumissuunnan sisäreunan jatke sivuaa kiertosaarekettä.

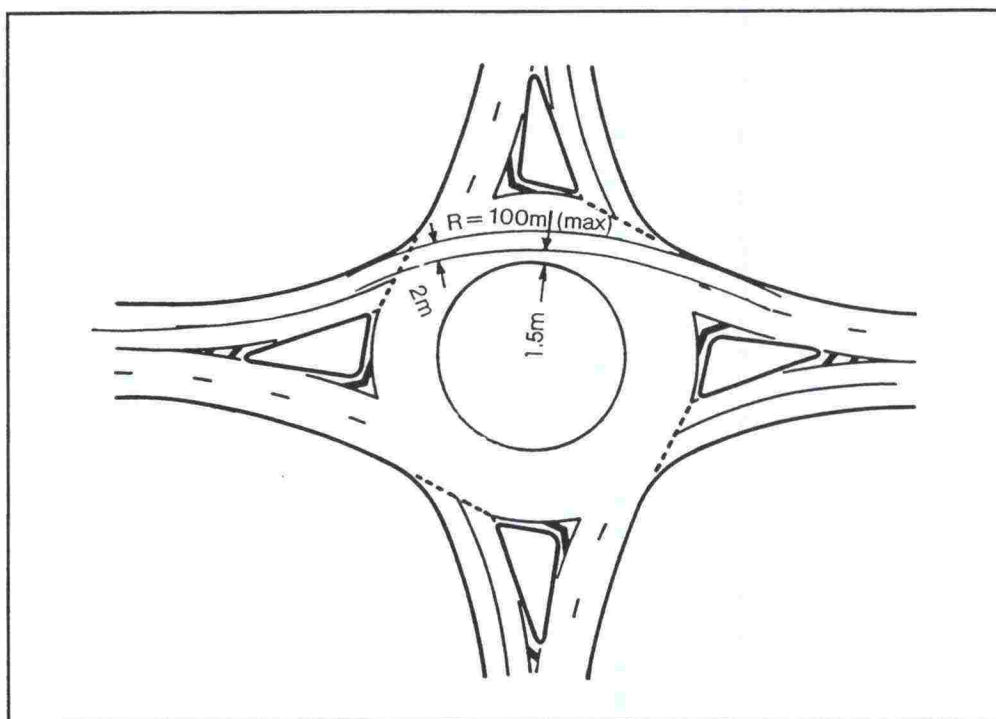
Taulukko 4: Kaksikaistaisen kiertotilan leveys australialaisissa suunnitteluohjeissa (Austroads 1993).

Ajouran sisäsäde kiertotilassa (m)	Kiertotilan leveys (m)
12	10,3
14	10,1
16	9,9
18	9,7
20	9,6
22	9,5
24	9,4
26	9,3
28	9,2
30	9,1
50	8,8
100	8,4



Kuva 26: Tyypillinen taajama-alueiden kaksikaistaisen kiertoliittymähaaran muotoilu australialaisissa suunnitteluohjeissa (vasemmanpuoleinen liikenne) (Austroads 1993).

Kaksikaistaisen kiertoliittymän muotoilun tulee rajoittaa kiertotilan ajonopeudet alle 50 km/h:iin. Ajouran säde saa tällöin olla korkeintaan 100 m. Kuvassa 27 on esitetty kaksikaistaisen kiertoliittymän muotoilun tarkistaminen ajouran avulla.



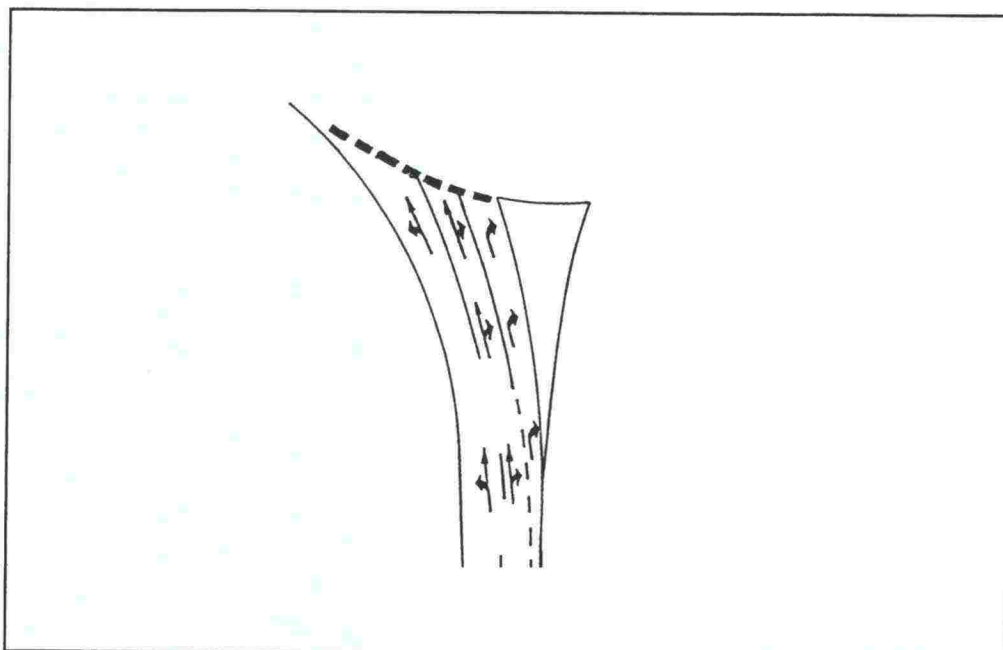
Kuva 27: Nopean läpiajon estäminen kaksikaistaisessa kiertoliittymässä, australialainen suunnitteluohje (vasemmanpuoleinen liikenne) (Austroads 1993).

3.6.3 Liikenteen ohjaus

Tulosuunnalla ei yleensä tarvita ajokaistanuolia. Kiertoliittymään tottumaton autoilija saattaa tulkita ajokaistanuolet väärin ja kääntyä heti liikennesaarekkeen jälkeen ajamaan kiertotilaa väärään suuntaan. Siksi maaseudulla ja maaseutukaupungeissa ajokaistanuolet voidaan jättää pois. Ajokaistanuolet ovat kuitenkin välttämättömiä, jos tulosuunta on kolmikaistainen tai suuri kääntyvän liikenteen määrä vaatii kahta kääntyvän liikenteen ajokaistaa (kuva 28).

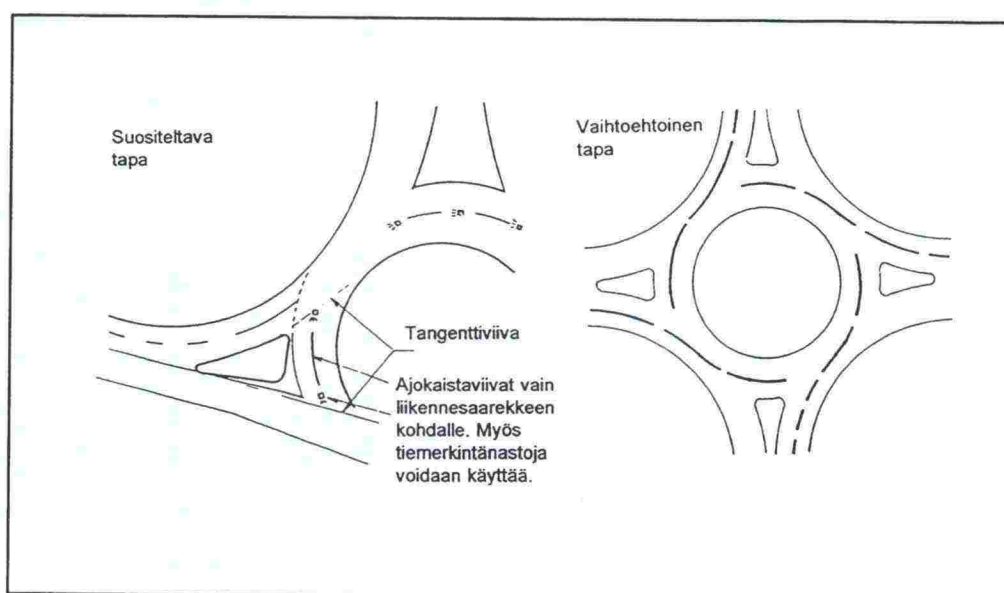
Tulosuunnalla käytetään kiertotilan reunan suuntaista väistämisviivaa, mutta poistumissuunnan kohdalla kiertotilan reunaan ei tehdä reunaviivan jatketta.

Kiertotilan ajokaistaviivojen liikenneturvallisuusvaikutukset ovat epäselvät. Erään tutkimuksen mukaan ajokaistaviivojen tekemisen jälkeen omaisuusvahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien määrä kasvoi 38 % ja laski 41 %, kun merkinnät poistettiin. Toisaalla taas ajokaistakurin todettiin parantuneen, kun ajokaistaviivojen ohella käytettiin tiemerkinästoja. (Austroads 1993.)



Kuva 28: Ajokaistanuolet kiertoliittymässä, jossa on runsaasti oikealle kääntyvää liikennettä (vasemmanpuoleinen liikenne) (Austroads 1993).

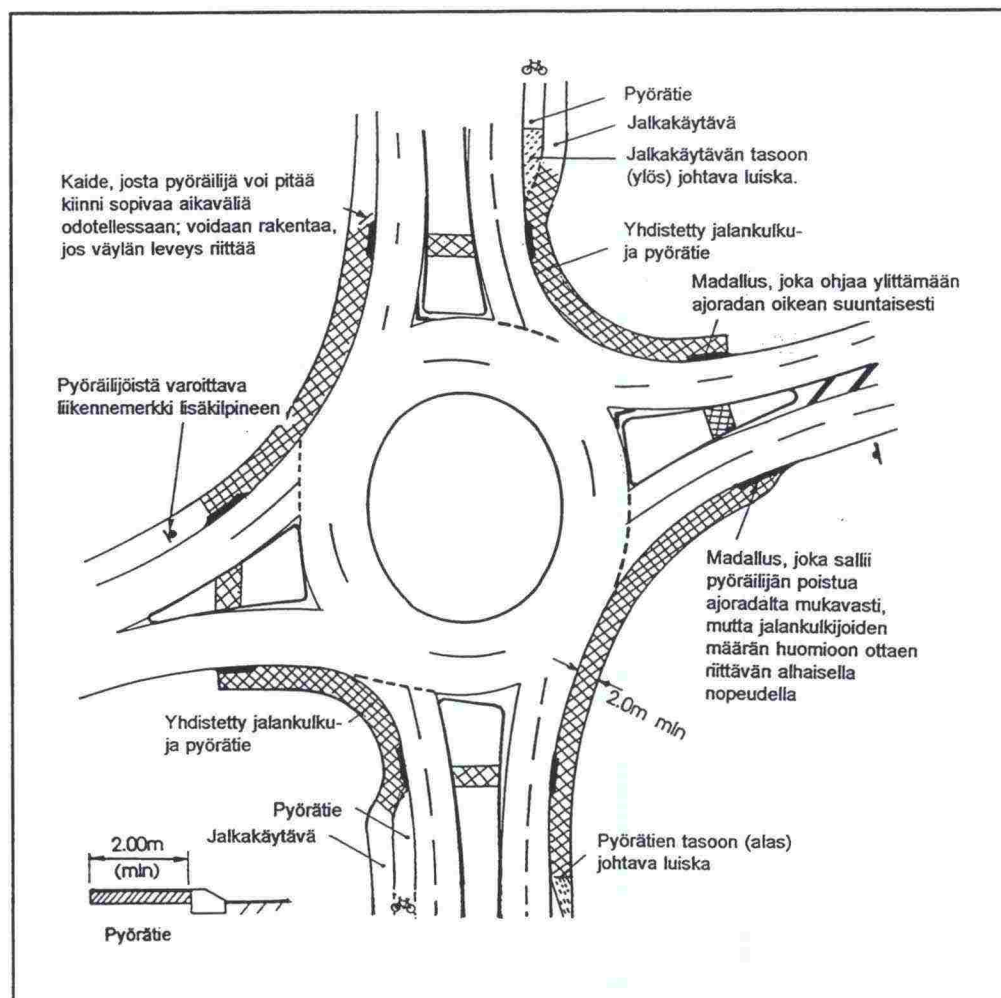
Kiertotilan ajokaistaviivat tehdään kuvan 29 periaatteilla (vasemmanpuoleista tapaa suositellaan).



Kuva 29: Kiertotilan ajokaistamerkintätavat australialaisessa suunnitteluohjeessa (vasemmanpuoleinen liikenne) (Austroads 1993).

3.6.4 Kevyt liikenne

Australialaisissa suunnitteluohjeissa ei ole erikseen ohjeita kaksi- tai useammi-kaistaisen kiertoliittymän kevyen liikenteen järjestelyjä varten. Kuvassa 30 on esitetty eräitä suunnitteluohjeissa mainittuja näkökohtia (kaksikaistaisen) kiertoliittymän kevyen liikenteen järjestelyistä. (Austroads 1993.)



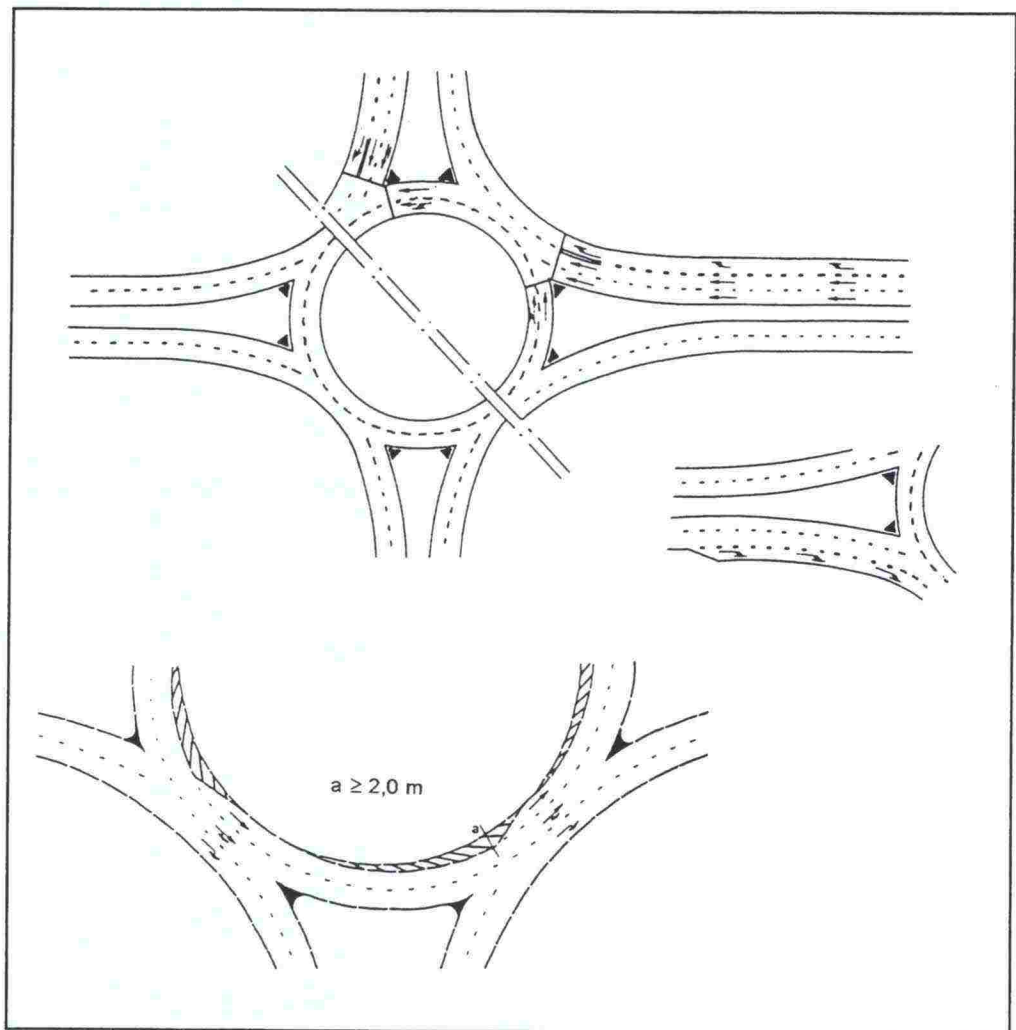
Kuva 30: Pyöräliikenteen järjestelyt monikaistaisessa kiertoliittymässä australialaisen suunnitteluohjeen mukaan (vasemmanpuoleinen liikenne) (Austroads 1993).

3.6.5 Liikenneturvallisuus

Erään kiertoliittymän geometrian turvallisuusvaikutuksia käsittelevän tutkimuksen mukaan kiertotilan leveys ei vaikuttanut merkittävästi onnettomuustas- teeseen. Tutkimus koski korkeintaan kolmikaistaisia kiertoliittymiä eikä siinä eroteltu onnettomuustas- teita kiertotilan ajokaistamäärän mukaan (Austroads 1993).

3.7 Alankomaat

Alankomaiden taajamaväylien suunnitteluohjeen mukaan kaksikaistaisen kiertoliittymän ajokaistat voidaan suunnitella joko keskeis- tai turbiiniperiaatteella (kuva 31). Turbiinityypistä ajokaistamerkintää käytettäessä sulkualan leveyden a tulee olla sisään tulon kohdalla vähintään 2,0 m. Jos oikealle kääntyvä liikennevirta on suuri, sille voidaan varata oma kaista. (ASVV 1988.)

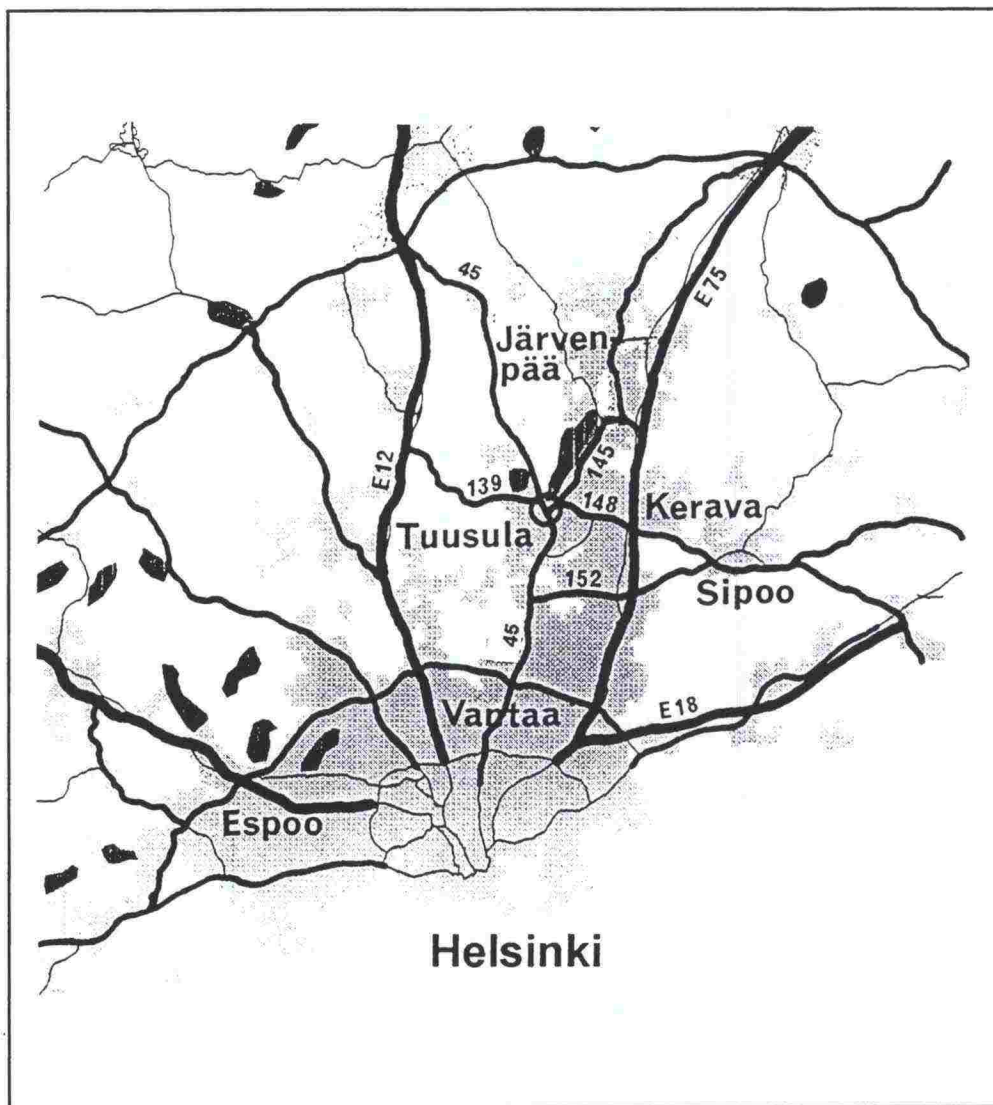


Kuva 31: Erilaisia kaksikaistaisen kiertoliittymän ajokaistamerkintäperiaatteita Alankomaiden taajamaväylien suunnitteluohjeessa (ASVV 1988).

4 HYRYLÄN ETELÄINEN KIERTOLIITTYMÄ

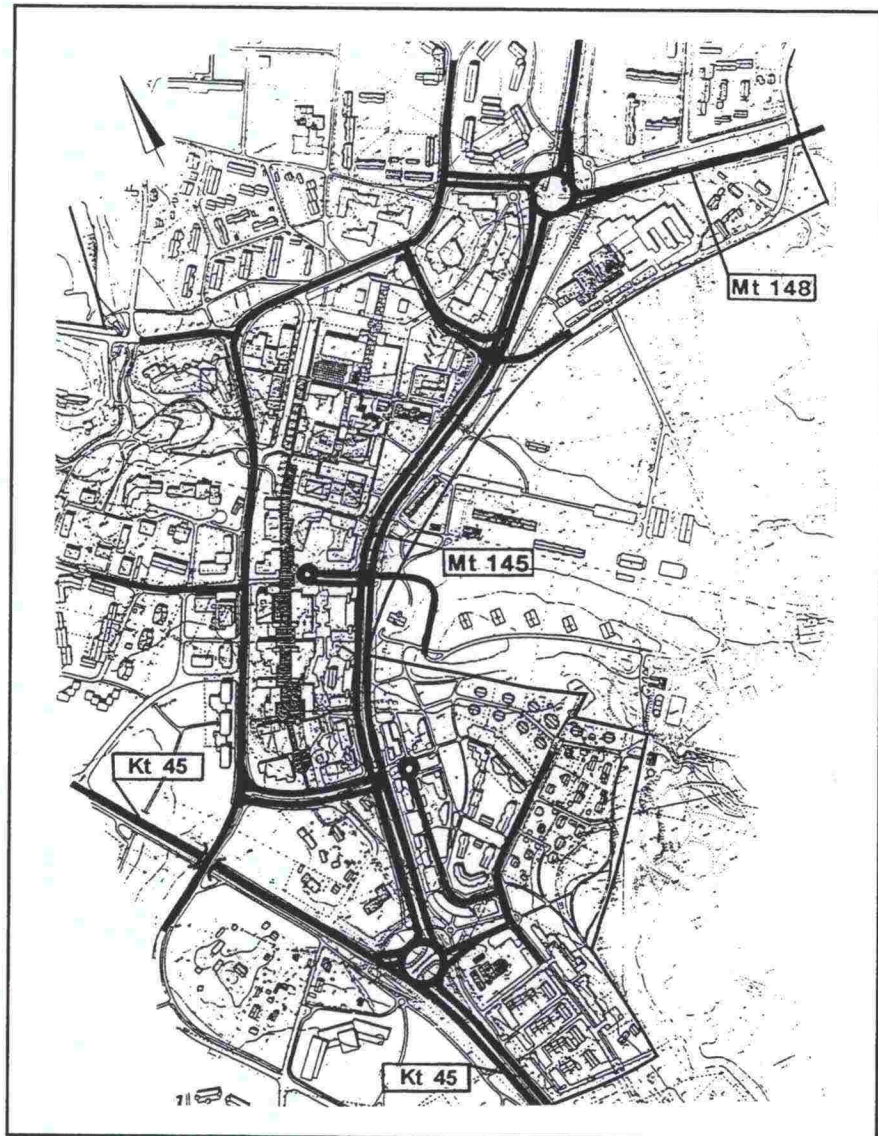
4.1 Tutkimuskohde

Tuusulan kuntaan kuuluva Hyrylä sijaitsee vajaan 30 kilometrin etäisyydellä Helsingin keskustasta ja noin 10 kilometrin etäisyydellä Järvenpäästä. Hyrylän eteläisessä kiertoliittymässä Järvenpään suuntaan johtava maantie 145 erkanee Helsingistä Noppoon ja Hyvinkäälle johtavasta kantatiestä 45 (kuva 32). Kantatie 45 oli tutkimusaikana vielä seututie 137. Kiertoliittymän neljäntenä liittymähaarana on kaavatie (Kievarinportti), jolta on mm. pääsy liittymän tuntumassa olevalle huoltoasemalle.



Kuva 32: Hyrylän sijainti kantatien 45 ja seututien 145 liittymässä.

Hyrylän pääväylien liittymistä suurin osa on kanavoituja valo-ohjauksisia tasoliittymiä. Eteläistä kiertoliittymää Helsingin suunnalta lähestyttäessä moottoritien jälkeen on kuusi valo-ohjauksista liittymää, joista viimeinen sijaitsee 700 metriä ennen kiertoliittymää (kt 45/Fallbackantie (pt 11589)/Sahatie). Hyvinkään suunnan lähin liittymä (Hyrylänkuja) sijaitsi yksikaistaisessa vaiheessa noin 100 metrin etäisyydellä liittymästä, mutta kaksikaistaistamisen yhteydessä - kt 45:n yli johtavan Yli-Jussilan risteyssillan valmistuttua - Hyrylänkujan liikenne siirrettiin kulkemaan Hyrylätien kautta. Tällöin Hyvinkään suunnan lähin liittymä on 1,4 kilometrin päässä sijaitseva valo-ohjauksinen tasoliittymä (kt 45/mt 139). Järvenpään suunnalla on kanavoitu valo-ohjauksinen tasoliittymä (mt 145/Hyrylätie) 260 metrin etäisyydellä kiertoliittymästä. Eteläisen ja pohjoisen kiertoliittymän etäisyys on noin 1 km ja kiertoliittymien välissä on kolme valo-ohjauksista tasoliittymää (kuva 33).

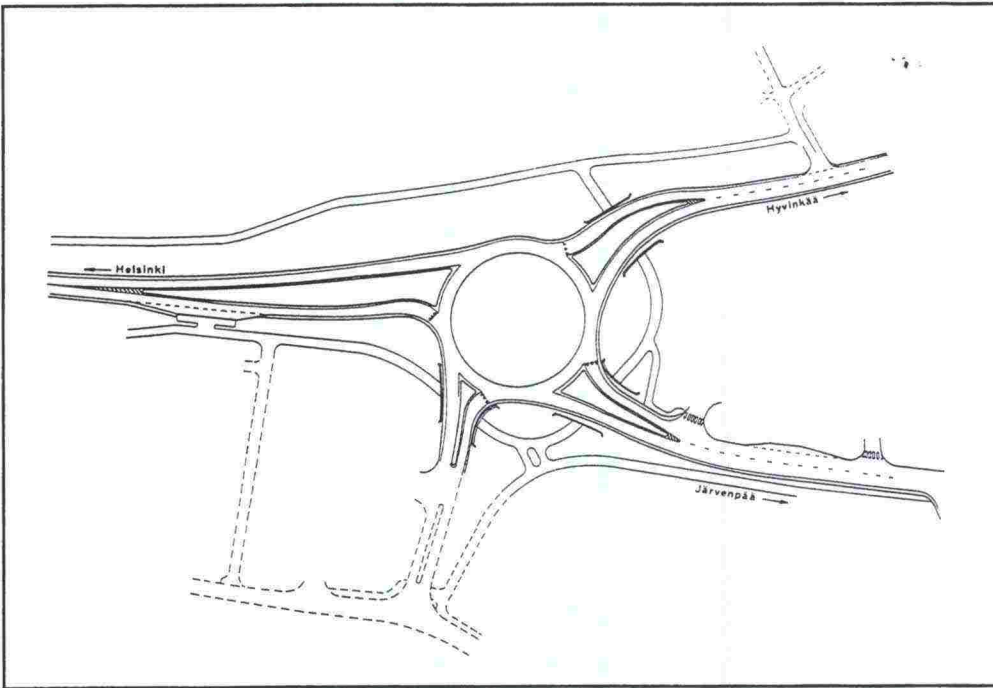


Kuva 33: Maantien 145 liittymät Hyrylän keskustassa (Liikennetekniikka Oy 1988).

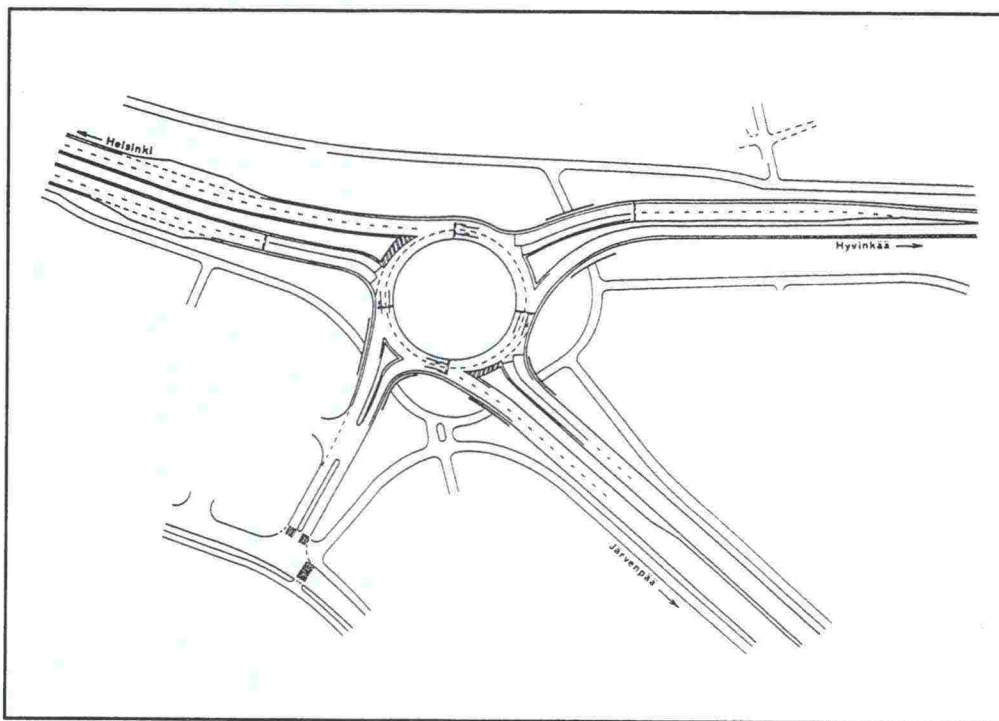
Hyrylän eteläinen kiertoliittymä (kt 45/mt 145) korvaa paikalla aiemmin sijainneen Y-liittymän, jonka välityskyky oli riittämätön erityisesti aamuhuippu-tunnin aikana Järvenpään suunnasta Helsinkiin päin suuntautuvalla liikenteelle. Kiertoliittymä suunniteltiin jo alunperin kaksikaistaiseksi, mutta ensimmäisessä vaiheessa se avattiin yksikaistaisena 27.7.1992. Yksikaistaisessa vaiheessa eteläisen kiertoliittymän Järvenpään suunnan liikenne johdettiin aluksi vanhan Hyrylätien kautta, kunnes Hyrylän pohjoiselle kiertoliittymälle (mt 145/mt 148) johtava 2 + 2 -kaistainen väylä oli avattu liikenteelle. Eteläinen kiertoliittymä kaksikaistastettiin 22.9.1994, jolloin siitä tuli Suomen ensimmäinen uusilla periaatteilla suunniteltu kaksikaistainen kiertoliittymä. Uudentyyppisille kaksikaistaisille kiertoliittymille ei ole suomalaisia suunnitteluohjeita ja siksi liittymää suunniteltaessa sovellettiin uusimpia ruotsalaisia ohjeita.

Hyrylän pohjoinen kiertoliittymä avattiin yksikaistaisena 22.9.1994 ja kaksikaistaisena 20.10.1994.

Eteläisen kiertoliittymän yksi- ja kaksikaistaiset vaiheet on esitetty *kuviissa 34 ja 35*.



Kuva 34: Hyrylän eteläinen kiertoliittymä yksikaistaisessa vaiheessa.



Kuva 35: Hyrylään eteläinen kiertoliittymä kaksikaistaisessa vaiheessa.

Helsingin suunnalta saavuttaessa kt 45:n nopeusrajoitus laskee Sulantien ja Fallbackantien/Sahatien liittymien välillä (n. 1 km ennen kiertoliittymää) 70 km/h:sta 50 km/h:iin. Hyvinkään suunnalla nopeusrajoitus on 70 km/h ennen liittymäaluetta ja Järvenpään suunnalla 50 km/h. Liittymäalueella nopeusrajoitus on 50 km/h.

Kevyt liikenne on eroteltu ja järjestetty eritasoon.

Kiertoliittymän opastus on järjestetty Helsingin, Järvenpään ja Hyvinkään suunnilla A-tyyppin suunnistustauluilla ja ajokaistan yläpuolisilla viitoilla. Kievarinportin suunnalla ei ole opastusta. Poistumisuunnilla on tienviitat. Kiertotilassa liikenteen ohjaus on järjestetty portaaleissa olevilla pakollisen ajosuunnan merkeillä ja ajokaistanuolilla.

4.2 Tutkimusmenetelmät

4.2.1 Kenttämittaukset

Kenttämittauksia tehtiin videoimalla, havainnoimalla ja kelluvan auton menetelmällä yksikaistaisessa kiertoliittymässä 6.9.1994 ja 21.9.1994 ja kaksikaistaisessa kiertoliittymässä 9.5.1995. Mittausten tavoitteena oli määrittää

- * liikenteen määrä ja koostumus
- * kriittiset aikavälit ja kiertävän liikenteen seuranta-aikaväli
- * lähtöaikavälit
- * palveluajat
- * odotusajat
- * matkanopeudet liittymäalueella

- * jononpituudet.

Liikenteen määrä ja koostumus

Liittymään saapuvan liikenteen määrä ja koostumus määritettiin 6.9.1994, 21.9.1994 ja 9.5.1995 kuvatuilta nauhoilta. Kuvaukset tehtiin nuorisotalo "Mestan" torniin sijoitetulla kameralla seuraavina ajankohtina:

- * 6.9.1994: klo 7.35 - 8.35, 11.45 - 12.45 ja 15.00 - 16.40 (ennen-tilanne, aikavälit)
- * 21.9.1994: klo 7.07 - 9.00, 12.00 - 13.00 ja 15.00 - 17.00 (ennen-tilanne, matkanopeudet)
- * 9.5.1995: klo 7.05 - 9.00, 12.00 - 13.00 ja 15.00 - 17.00 (jälkeen-tilanne).

Kriittinen aikaväli

Kriittisen aikavälin määrittämisessä tarvittavat hyväksytyt ja hylätyt aikavälit määritettiin nuorisotila "Mestan" tornista 6.9.1994 (ennen-tilanne) ja 9.5.1995 (jälkeen-tilanne) suoritetuista kuvauksista.

Kiertävän liikenteen seuranta-aikaväli

Seuranta-aikaväli (brutto- ja nettoaikaväli) määritettiin nuorisotila "Mestan" tornista 6.9.1994 ja 9.5.1995 kuvatusta aineistosta. Aikavälit purettiin Kievarinportin tulohaaran kohdalta 15 minuutin otoksena iltaruuhkassa klo 15.25 - 15.40. Jälkeen-tilanteessa purettiin vain nettoaikavälit.

Lähtöaikaväli ja palveluaika

Lähtöaikavälit (brutto) ja palveluajat määritettiin tulosuunnittain ja ajoneuvolaiteittain nuorisotila "Mestan" tornista 6.9.1994 (ennen-tilanne) ja 9.5.1995 (jälkeen-tilanne) kuvatuilta nauhoilta.

Matkanopeudet

Matkanopeudet määritettiin rekisteritunnustutkimuksella 21.9.1994 (ennen-tilanne) ja 9.5.1995 (jälkeen-tilanne) kuvatusta aineistosta. Liikennevirtoja kuvattiin kuudella videokameralla, jotka sijaitsivat Helsingin, Järvenpään ja Hyvinkään tulo- ja poistumissuunnilla. Lisäksi yhdellä kameralla kuvattiin koko liittymää nuorisotila "Mestan" tornista. Kievarinportti jätettiin vähäliikenteisyytensä vuoksi matkanopeustutkimuksen ulkopuolelle. Kameroiden sijainti on esitetty *liitteessä 2*.

Odotusajat

Odotusaikoja mitattiin kelluvan auton menetelmällä Helsingin, Järvenpään ja Hyvinkään tulosuunnilla. Rekisteritunnuskuvausten aikana mittausauto ajoi edellä mainitussa järjestyksessä kiertoliittymään. Autossa ollut havainnoitsija kirjasi lomakkeelle sen ajanhetken (1/10 s tarkkuus), jolloin ajoneuvo

- * saapui 1. kiintopisteen kohdalle (tulosuunnan videokamera)
- * saapui jonoon
- * saapui väistämiskiiville
- * ylitti väistämiskiivan

- * poistui kiertotilasta (reunaviivan jatkeen kohta)
- * saapui 2. kiintopisteelle (poistumissuunnan videokamera).

Jononpituudet

Jononpituuksien määrittämiseen käytettiin havaintolomaketta, johon kunkin tulosuunnan jononpituudet kirjattiin rekisteritunnustutkimuksen aikana kahden minuutin välein. Koska kiertoliittymässä harva ajoneuvo joutuu kokonaan pysähtymään, jonoon saapuneeksi ajoneuvoksi kirjattiin sellainen ajoneuvo, joka oli joutunut hidastamaan kiertävän liikenteen tai edellään kulkevien ajoneuvojen vuoksi korkeintaan 20 km/h:n nopeuteen (pyöräilynopeus). Helsingin suunnalla ei ajoneuvomääriä kyetty ennen-tilanteen iltaruuhkassa havaitsemaan, vaan jonon ulottuminen kirjattiin maamerkkien avulla. Analysointivaiheessa jononpituus muutettiin metreiksi ja edelleen ajoneuvoiksi.

4.2.2 Tielaitoksen tiedonkeruu

Ennen-tilanne

Liikennemääriä laskettiin silmukkalaskureilla 19. - 26.9.1994. Tielaitoksen Uudenmaan tiepiirillä on liikenteen automaattisen mittausjärjestelmän liikennelaskentasilmukat Hyrylän eteläisen kiertoliittymän läheisyydessä kantatiellä 45 ja maantiellä 145 sekä Hyrylän itäisen ohikulkutien (pt 11466) alku- ja loppupäässä. Silmukoihin kytketyt laskurit rekisteröivät liikennemäärät (ajon/h) tunneittain.

Kantatien 45 eteläinen silmukka sijaitsee Helsingin suunnasta tultaessa 900 metriä ennen kiertoliittymää ja 170 metriä ennen Saviontien risteystä. Pohjoisen silmukka sijaitsee 1 009 m liittymän jälkeen. Rekisteritunnustutkimuksen kuvauspäivänä (21.9.1994) liikennettä laskettiin ainoastaan kiertoliittymän eteläpuolella pohjoiseen suuntaan vievällä ajoradalla.

Mt 145:lle asennettu silmukka sijaitsee 127 metriä kiertoliittymästä Järvenpään päin. Rekisteritunnustutkimuksen kuvauspäivänä ainoastaan Järvenpään suuntaan johtavan ajokaistan laskuri oli toiminnassa.

Hyrylän itäisen ohikulkutien silmukat sijaitsevat 800 ja 3 600 metrin etäisyydellä kt 45:stä. Laskurit rekisteröivät ohikulkutien poikkileikkauksen tuntiliikenteen.

Jälkeen-tilanne

Jälkeen-tilanteen liikennelaskennat suoritettiin jo ennen kenttämittauksia keskiviikkona 22.3.1995 klo 14 - maanantai 27.3.1995 klo 8.

Sekä kiertoliittymän eteläpuolella sijainnut kt 45:n laskuri että mt 145:n laskuri mittasivat molempien ajosuuntien liikennemäärät. Laskurien paikat olivat samat kuin ennen-tilanteessa.

Kt 45:n kiertoliittymän pohjoispuoleinen laskuri mittasi tien poikkileikkausliikenteen.

Itäisellä ohikulkutiellä ei ollut jälkeen-vaiheessa liikennelaskentoja.

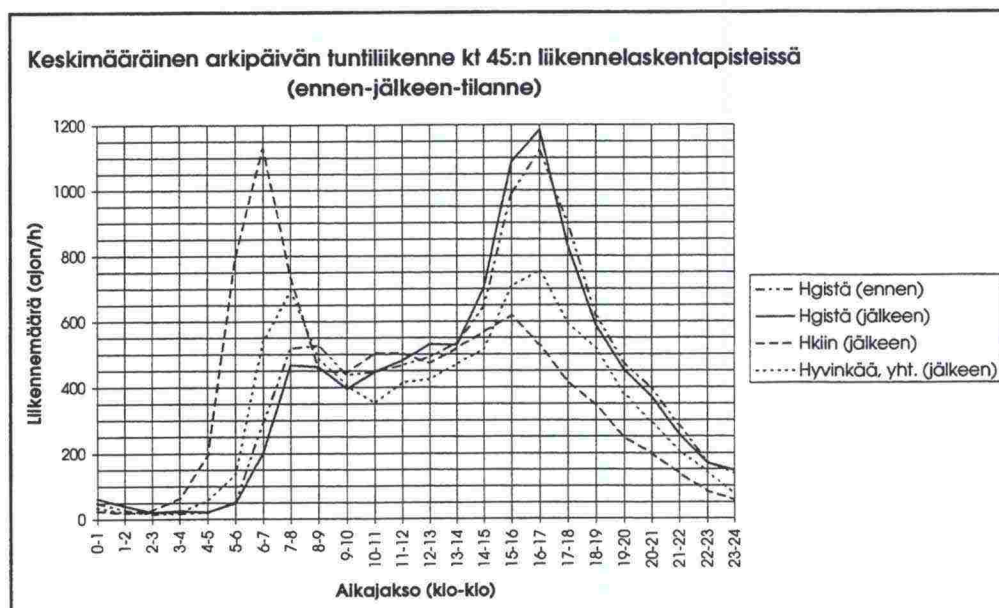
4.3 Liikenteen ajallinen vaihtelu, koostumus ja määrä

4.3.1 Tunti- ja viikonpäivävaihtelut

Kiertoliittymän ennen-tilanteen tunti- ja viikonpäivävaihteluita ei täysin tarkasti saada selville tielaitoksen automaattisen liikennelaskennan tuloksista. Kiertoliittymän eteläpuolella olevan kt 45:n silmukan ja kiertoliittymän välissä sijaitsee Savion liittymä ja Hyvinkään suunnalla lähin seurannassa ollut silmukka (LAM) sijaitsee vasta mt 139:n liittymän jälkeen. Siksi Hyvinkään suunnan liikennemääriä ei ennen-tilanteessa ole otettu lainkaan huomioon. Helsingin suunnasta saapuvan liikenteen tuntivaihtelua silmukkalaskentojen avulla voidaan kuitenkin jossain määrin arvioida.

Jälkeen-tilanteessa Hyvinkään suunnalla on laskettu poikkileikkausliikenne.

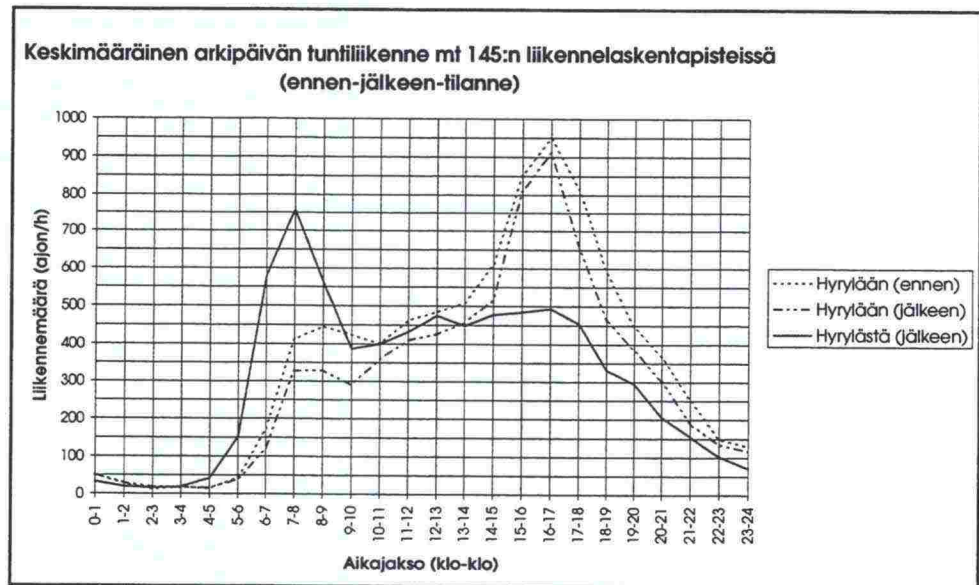
Kuvassa 36 on esitetty Hyrylän eteläistä kiertoliittymää Helsingin suunnasta lähestyvän liikenteen, kiertoliittymästä Helsinkiin poistuvan liikenteen ja kantatien 45 Hyvinkään suunnan poikkileikkausliikenteen keskimääräinen tuntivaihtelu automaattisissa liikennelaskentapisteissä. Helsingin suunnasta saapuvan liikenteen tuntivaihtelukäyrä on varsin samanmuotoinen ennen-jälkeen-tilanteessa. Ennen-tilanteesta ei ollut saatavilla tietoa Helsingin poistumissuunnan ja Hyvinkään suunnan liikennemääristä, mutta käyrät eivät luultavasti juuri eroa muodoltaan jälkeen-tilanteen käyristä, koska liikenteestä suuri osa on päivittäistä työmatkaliikennettä.



Kuva 36: Liikenteen tuntivaihtelu kt 45:n liikennelaskentapisteissä kiertoliittymää Helsingin suunnasta lähestyttäessä, Helsingin suuntaan kiertoliittymästä poistuttaessa ja Hyvinkään suunnan poikkileikkausliikenne.

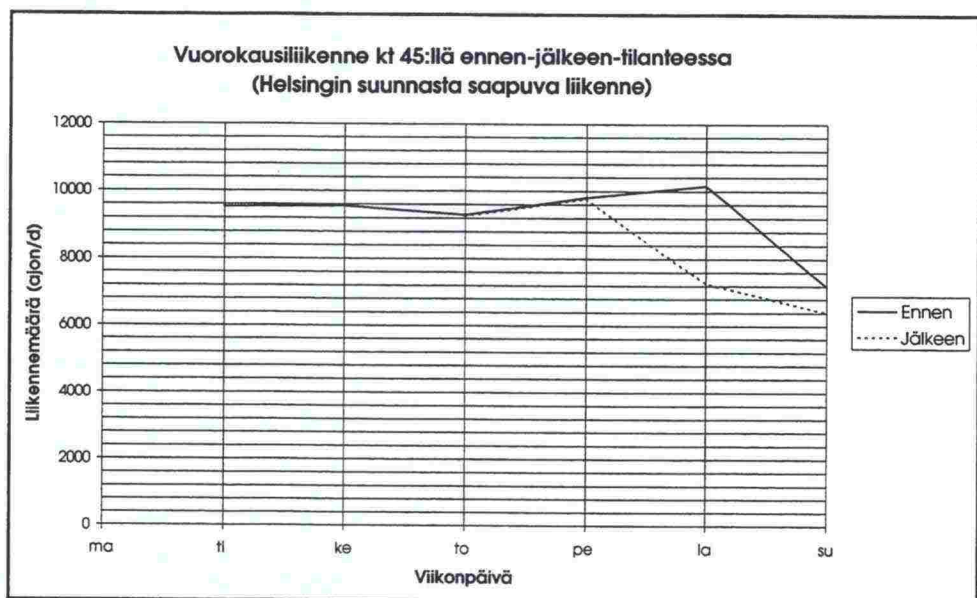
Kuvassa 37 on esitetty liikenteen tuntivaihtelu mt 145:n liikennelaskentapisteellä ennen-jälkeen-tilanteessa. Hyrylän suuntaan poistuvan liikenteen tuntivaihtelu näyttää olevan varsin samankaltaista ennen-jälkeen-tilanteessa. Hyrylästä päin saapuvan liikenteen määriä ei ollut saatavilla ennen-tilanteessa.

Päivittäisen työmatkaliikenteen vuoksi Hyrylän suunnasta saapuvan liikenteen tuntivaihtelun voi kuitenkin olettaa olevan varsin samankaltaista ennen-jälkeen-tilanteessa.



Kuva 37: Keskimääräiset tuntiliikennemäärät mt 145:n liikennelaskentapisteellä ennen-jälkeen-tilanteessa.

Kuvassa 38 on esitetty kt 45:n Helsingin suunnasta Hyrylän eteläiseen kiertoliittymään saapuvan liikenteen viikonpäivävaihtelu ennen-jälkeen-tilanteessa. Ennen-tilanteen suurin mitattu liikennemäärä osuu jälkeen-tilanteesta poiketen lauantaihin. Syytä tähän ei ole tiedossa.



Kuva 38: Hyrylän eteläiseen kiertoliittymään Helsingin suunnasta saapuvan liikenteen viikonpäivävaihtelu kt 45:llä ennen-tilanteessa (ti 20.9.1994 - su 25.9.1994) ja jälkeen-tilanteessa (to 23.3.1995 - su 26.3.1995).

4.3.2 Liikenteen määrä ja koostumus mittausaikoina

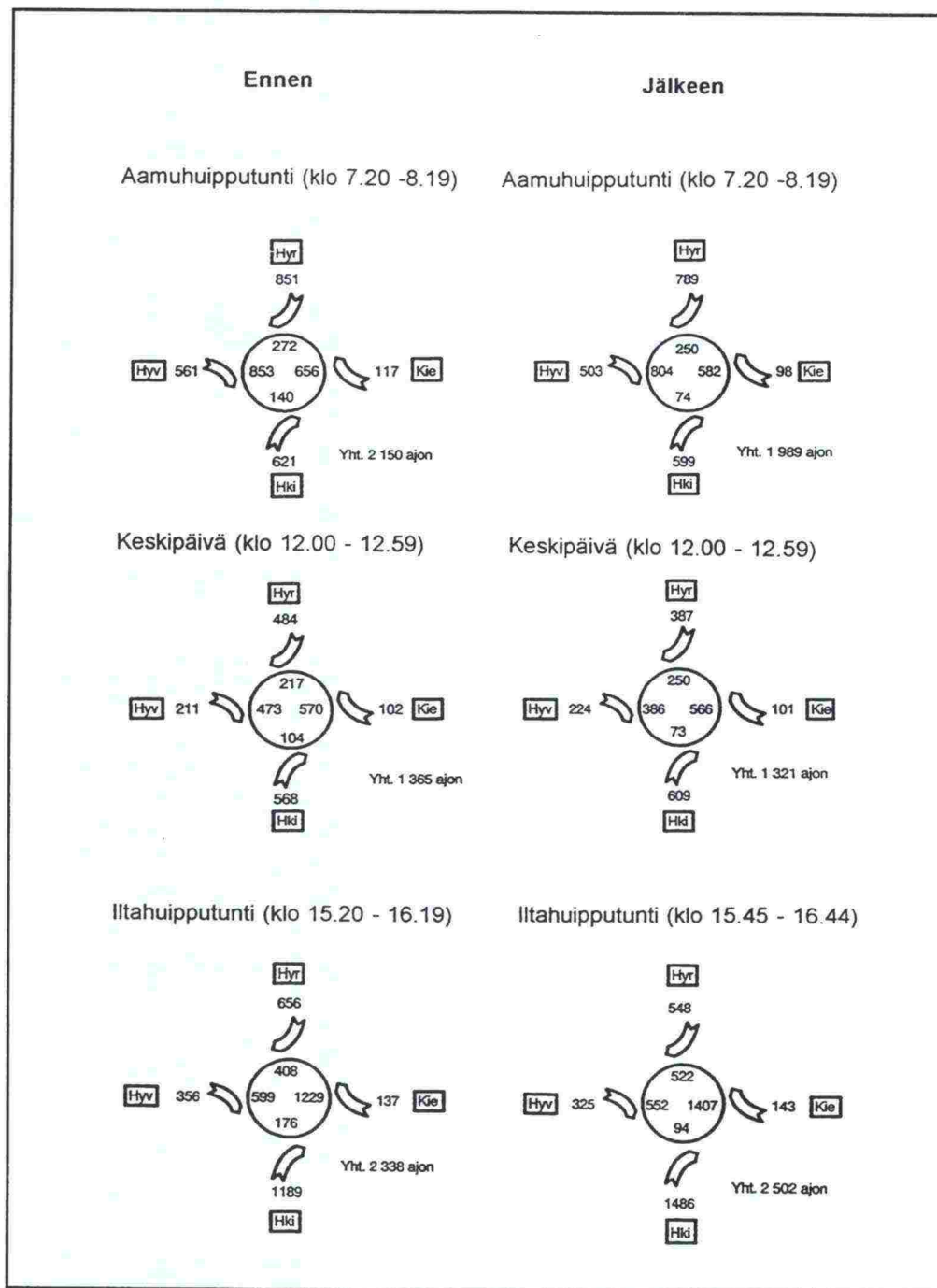
Hyrylän eteläiseen kiertoliittymään saapuvan liikenteen määrä purettiin kuvanauhoilta ajoneuvolajeittain (ha, pa, mp, la, kaip, kapp, katp, tr, mopo) kaikkien tutkimuspäivien osalta. Helsingin tulosuunta oli ennen-tilanteessa jononpituushavaintojen mukaan täysin kuormittunut noin klo 15.30 - 16.30. Tämän ajankohdan saapuvan ja kiertävän liikenteen määrät on esitetty taulukossa 4. Kuvassa 39 on esitetty rekisteritunnustutkimuspäivien liikenteen määrät aamu- ja iltahuipputuntina sekä keskipäivällä. Liikennemäärät on yksityiskohtaisesti esitetty liitteessä 3.

Taulukko 4: Hyrylän eteläisen, yksikaistaisen kiertoliittymän kiertävän ja saapuvan liikenteen määrä Helsingin yksikaistaisen tulosuunnan kohdalla täysin kuormittuneessa tilanteessa 21.9.1994 klo 15.30 - 16.30.

Liikennevirta	Liikennemäärä		Raskaan liikenteen osuus (%)
	ajon/h	hay/h *	
Saapuva liikenne	1196	1234	5,4
Kiertävä liikenne	178	191	9,6
Yhteensä	1374	1425	5,9

* vastaavuuskertoimet: la, ka = 1,5 hay; kapp, katp = 2,0 hay (Tiehallitus, Kehittämiskeskus 1992b).

Raskaan liikenteen osuus oli liikennevirran ja ajankohdan mukaan 3,9 - 63,2 %. Liittymään saapui raskasta liikennettä enemmän keskipäivällä kuin muulloin. Hyvinkään ja Hyrylän suuntien välisestä liikenteestä raskasta liikennettä oli ennen-tilanteessa 12,8 - 31,8 % ja jälkeen-tilanteessa 41,9 - 63,2 %. Jälkeen-tilanteessa Hyrylänkujan liikenne - pääosin henkilöautoliikennettä - oli siirtynyt Yli-Jussilan risteyssillan valmistuttua kulkemaan Hyrylätien kautta.



Kuva 39: Aamu- ja iltahuipputunnin sekä keskipäivän liikennemäärät (ajon/h) rekisteritunnustutkimuksen mittauspäivinä 21.9.1994 ja 9.5.1995.

4.3.3 Liikennemäärät itäisellä ohikulkutiellä

Ennen-tilanteessa rekisteritunnustutkimuksen mittausviikolla Hyrylän itäisen ohikulkutien (pt 11466) poikkileikkauksen KVL oli kt 45 liittymän läheisyydessä sijainneen silmukan kohdalla 5 447 ajon/d ja kauempana sijainneen silmukan kohdalla 5 607 ajon/d. Rekisteritunnustutkimuspäivänä 21.9.1994 alkupään silmukan kohdalla poikkileikkausliikenne oli 5 835 ajon/d ja loppupään silmukan kohdalla 5 942 ajon/d.

Jälkeen-tilanteessa itäisellä ohikulkutiellä ei ole tehty liikennelaskentoja.

4.4 Kriittinen aikaväli

Kriittinen aikaväli määritettiin ns. Raffin menetelmällä tarkastelemalla hylättyjä ja hyväksytyjä alkuaikavälejä väistämiskiivon kohdalla (luku 2.1). Kriittisen aikavälin määrittämiseen tarvittavat hyväksytyt ja hylätyt alkuaikavälit purettiin tulosuunnittain, ajoneuvolajeittain ja ajankohdittain ennen-tilanteessa 6.9.1994 ja jälkeen tilanteessa 9.5.1995 kuvatuilta videonauhoilta seuraavina kellonaikoina: aamupäivä 7.45 - 8.15, keskipäivä 12.00 - 12.30 ja ilta 15.25 - 15.55.

Kriittinen aikaväli vaihteli tulosuunnittain ja vuorokaudenajoittain. Ennen-tilanteen yksikaistaisessa kiertoliittymässä pienimmät kriittiset aikavälit olivat Hyrylän suunnalla (1,9 - 2,4 s) ja pisimmät Kievarinportin suunnan aamun/keskipäivän aineistossa (3,9 - 4,1 s). Jälkeen-tilanteessa ei kaksikaistaisen kiertoliittymän kaikille tulosuunnille voitu määrittää kriittisen aikavälin arvoja, mikä johtuu havaintojen niukkuudesta tai aikavälien summakäyrien epämääräisistä leikkauskohdasta (esim. 3,0 - 3,4 s).

Kriittiset aikavälit tulosuunnittain ja vuorokaudenajoittain ennen-jälkeen-tilanteessa on esitetty *taulukossa 5*. Kameran sijainnin vuoksi Helsingin ja Kievarinportin suunnan aikavälit olivat luotettavimmin havaittavissa, kun taas Hyrylän ja etenkin Hyvinkään suunnalla ajoneuvon saapumista konfliktipisteeseen oli vaikea arvioida tarkasti. *Liitteessä 4* on esitetty tarkemmin ennen-tilanteen yksikaistaisen kiertoliittymän eri tulosuuntien hylättyjen ja hyväksytyjen aikavälien summakäyrät ja kriittiset aikavälit.

Taulukko 5: Kriittiset aikavälit tulosuunnittain Hyrylän kiertoliittymässä

Tulosuunta	Ajankohta	Kriittinen aikaväli ¹ (s)		
		Ennen	Jälkeen	
			vasen ajokaista	oikea ajokaista
Helsinki	aamu	3,4	(3,2)	(4,0)
	keskipäivä	3,1	(3,0)	(3,5)
	ilta	2,7	3,3	3,5
Kievarin-portti ²	aamu	3,9	(1,9)	-
	keskipäivä	4,1	2,8	-
	ilta	3,0	2,7	(2,9)
Hyrylä ³	aamu	1,9	3,6	3,2
	keskipäivä	2,3	(3,0)	2,8
	ilta	2,4	2,1	2,6
Hyvinkää ³	aamu	3,1	(2,4)	4,8
	keskipäivä	3,5	-	(3,1)
	ilta	3,2	(2,6)	3,0

¹ suluissa olevat arvot on saatu alle 10 hylätyn/hyväksytyn aikavälin havainnoista

² vasen: Hyvinkäälle ja Helsinkiin menevä liikennevirta; oikea: Hyrylään menevä liikennevirta

³ kameran sijainnin vuoksi havainnot ovat epätarkkoja.

4.5 Lähtöaikaväli

Tulosuuntien lähtöaikavälit määritettiin bruttoaikaväleinä tulosuunnittain ja vuorokaudenajoittain. Lähtöaikavälien keskiarvot olivat 1,7 - 2,7 s. Jälkeen-tilanteessa vasemman ajokaistan lähtöaikavälit olivat 0,1 - 0,5 s oikean ajokaistan aikavälejä pienempiä.

Saadut lähtöaikavälien keskiarvot on esitetty *taulukossa 6*.

Taulukko 6: Lähtöaikavälien keskiarvot Hyrylän kiertoliittymässä ennen-tilanteessa 6.9.1994 ja jälkeen-tilanteessa 9.5.1995.

Tulosuunta	Lähtöaikaväli ¹ , keskiarvo (s)					
	aamu		keskipäivä		iltapäivä	
	ennen	jälkeen ²	ennen	jälkeen ²	ennen	jälkeen ²
Helsinki	2,9	(2,2)/2,0	2,4	(1,8)/(2,0)	2,9	2,1/2,0
Kievarin-portti	(2,4)	-/(2,7)	(1,7)	-/(2,7)	(2,0)	-/(2,2)
Hyrylä	2,4	2,0/2,5	(2,7)	(2,2)/(2,7)	2,6	(2,2)/(2,3)
Hyvinkää	2,3	-/2,3	(2,8)	-/(2,6)	(2,7)	(5,4 ³)/(2,5)

¹ suluissa olevat arvot on laskettu alle 30 havainnon aineistosta

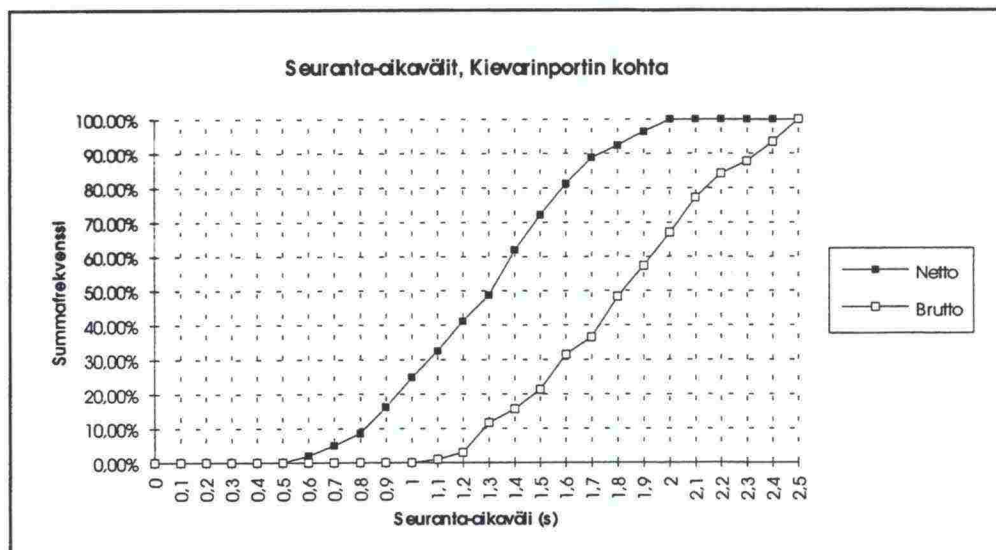
² vasen/oikea ajokaista

³ johtuu pitkistä ajoneuvoista, joita oli noin 60 % ajokaistan liikenteestä

4.6 Seuranta-aikaväli

Kiertävän liikenteen seuranta-aikavälit määritettiin brutto- ja nettoaikaväleinä Kievarinportin tulosuunnan kohdalta. Yli 2,5 sekunnin bruttoaikavälit karsittiin havainnoista pois, koska niitä vastaavia ajoneuvoja ei taajamaolosuhteissa lueta jonossa ajaviksi (Niittymäki 1994b).

Kievarinportin liittymähaaran kohdalta ennen-tilanteen iltaruuhkassa määritetyt seuranta-aikavälien jakaumat on esitetty kuvassa 40. Bruttoaikavälin keskiarvo oli 1,9 s ja nettoaikavälin 1,3 s.



Kuva 40: Seuranta-aikaväli Hyrylän kiertoliittymän yksikaistaisessa vaiheessa.

Jälkeen-tilanteessa tarkasteltiin molempien ajokaistojen seuranta-aikavälejä yhdessä, mikä kuvaa liittymistä tulosuunnan vasemmalta ajokaistalta

kaksikaistaisen kiertotilan vasemmalle ajokaistalle. Tällöin bruttoseuranta-aikavälin keskiarvo oli 1,2 s ja nettoseuranta-aikavälin 0,7 s.

4.7 Jonotus- ja palveluajat sekä jononpituudet

4.7.1 Jonotusajat

Ennen-tilanne

Jonotusaikojen pituutta arvioitiin yksinomaan kelluvan auton menetelmällä. Liittymän luultua aikaisempi kaksikaistaistaminen esti jonotusaikojen mittaamisen useamman päivän ajalta. Sen vuoksi jonotusaika-aineisto jäi turhan pieneksi. Kievarinportin suunnalla jonotusaikoja ei kirjattu.

Helsingin suunnalta aamulla ja keskipäivällä liittymäalueelle pääsi yleensä jonottamatta. Suurin havaittu yksittäinen jonotusaika oli aamulla 15,2 s ja keskipäivällä 11,9 s. Iltaapäivällä klo 15.30 - 16.30 jonotusaika oli 71,9 - 168,7 s.

Hyrylän suunnalta kiertotilaan pääsi aamulla ja keskipäivällä yleensä jonottamatta. Aamulla jouduttiin jonottamaan kerran (13,3 s), samoin keskipäivällä (11,2 s). Iltaapäivällä jonotusajat olivat 19,9 - 42,1 s, mikä johtui suuresta Helsingin suunnan liikennevirrasta.

Hyvinkään suunnan jonottaminen riippui Hyrylätien liikennevalojen vaiheesta: punaisen vaiheen aikana liittymän pääsi yleensä esteettä, kun taas vihreän aikana varsinkin aamulla Hyrylän suunnalta yhtenäisessä jonossa saapuva liikenne jonoutti Hyvinkään tulosuuntaa. Aamuruuhkassa puolet saapumisista tapahtui jonottamatta ja puolet 2,2 - 25,4 s jonottaen. Keskipäivällä jonotusaikahavainnot olivat 5,5 - 12,8 s ja 3 kertaa saavuttiin jonottamatta. Iltaapäivällä liittymään pääsi lähes aina jonottamatta (yksi 12,0 s:n havainto).

Jälkeen-tilanne

Jälkeen-tilanteessa ei jouduttu jonottamaan millään tulosuunnalla.

4.7.2 Palveluajat

Palveluajat määritettiin aamu- ja iltaruuhkassa sekä keskipäivän liikenteessä tulosuunnittain tielaitoksen laskentaohjeen (*kuva 1*) ja Teknillisen korkeakoulun kenttäharjoitusohjeiden periaatteella. Palveluajat alenivat kaikilla tulosuunnilla kaksikaistaistamisen myötä.

Helsingin suunnan palveluajat alenivat jälkeen-tilanteessa 0,5 - 0,9 s. Palveluajat olivat likimain lähtöaikavälin suuruisia eli harva ajoneuvo joutui pysähtymään. Tämä johtui pienestä kiertävän liikenteen määrästä.

Kievarinportin suunnan palveluajat olivat jälkeen-tilanteessa 1,7 - 2,9 s ennen-tilanteen arvoja alhaisempia. Palveluajat olivat suuren kiertävän liikenteen vuoksi aamulla ja iltaapäivällä huomattavasti suurempia kuin keskipäivällä. Kaikki ajat on kuitenkin laskettu alle 30 havainnon otoksista.

Hyrylän suunnalla palveluajat alenivat jälkeen-tilanteessa 0,4 - 1,4 s. Jälkeen-tilanteen arvot on suurelta osin laskettu alle 30 havainnon otoksista.

Hyvinkään suunnan palveluajat puolittuivat jälkeen-tilanteessa. Jälkeen-tilanteessa keskipäivän ja iltapäivän arvot on laskettu alle 30 havainnon otoksesta.

Ennen-jälkeen-tilanteen palveluajat on esitetty *taulukossa 7*.

Taulukko 7: Palveluajat Hyrylän kiertoliittymässä ennen-tilanteessa 6.9.1994 ja jälkeen-tilanteessa 9.5.1995.

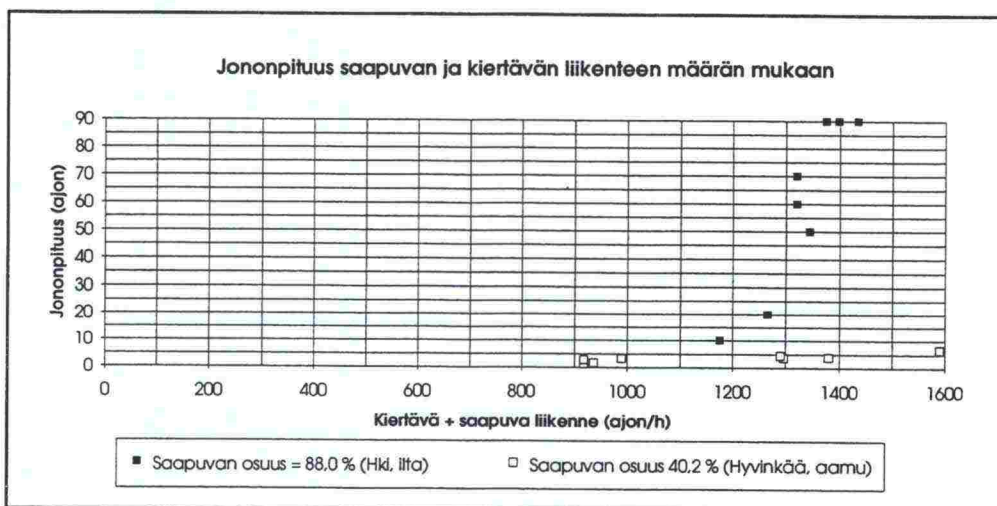
Tulo-suunta	Palveluajat ¹ , keskiarvot (s)					
	aamu		keskipäivä		iltapäivä	
	ennen	jälkeen ²	ennen	jälkeen ²	ennen	jälkeen ²
Helsinki	2,9	(2,2)/2,0	2,5	(1,8)/(2,0)	2,9	2,1/2,0
Kievarin - portti ³	(7,0)	- /(4,1)	(2,8)	- /(4,5)	(8,6)	- /(6,8)
Hyrylä	3,0	2,0/2,6	3,2	(2,2)/(2,7)	3,6	(2,2)/(2,3)
Hyvinkää	4,6	- /2,3	(4,5)	(2,6)/(5,4)	4,1	(5,4)/(2,5)

¹ suluissa olevat arvot on laskettu alle 30 havainnon aineistosta

² vasen/oikea ajokaista; Kievarinportti: oikea = Hyrylään, vasen = muut suunnat

4.7.3 Jononpituus

Keskimääräiset jononpituudet lyhenivät jälkeen-tilanteessa lähes kaikilla tulohaaroilla. Muutos oli suurin Helsingin suunnan iltaruuhkassa (55 -> 3,5 ajon). Jononpituus kasvoi hieman Hyrylän suunnan keskipäivän liikenteessä (0,1 ajon) sekä Kievarinportin suunnalla iltaruuhkassa (0,1 ajon). Muilla suunnilla jononpituudet alenivat keskimäärin 0,0 - 2,8 ajon. Helsingin ja Hyvinkään ennen-tilanteen yksikaistaisten tulosuuntien jononpituuden riippuvuutta saapuvan ja kiertävän liikenteen summasta on havainnollistettu *kuvassa 41*. Kuvan perusteella jononmuodostus näyttäisi olevan pienempää silloin, kun saapuvan ja kiertävän liikenteen määrät ovat suunnilleen yhtä suuret. Jonon keskipituudet ennen-jälkeen-tilanteessa on esitetty *liitteessä 5*.



Kuva 41: Jononpituuden riippuvuus kiertävän ja saapuvan liikenteen summasta ennen-tilanteessa Helsingin suunnan iltaruuhkassa ja Hyvinkään suunnan aamuruuhkassa.

4.8 Matkanopeudet

Matkanopeudet määritettiin rekisteritunnustutkimuksella. Kuvanauhoista purettu aineisto analysoitiin Teknillisen korkeakoulun liikennelaboratoriossa kehitetyllä "Ohitus" -tietokoneohjelmalla. Ohjelma tulostaa kiintopisteiden väliset matkanopeudet ja ohitukset ajoneuvolajeittain halutun suuruisin aikavälein. Lähtötiedoiksi ohjelma tarvitsee tekstitiedostomuodossa riveittäin havaintokohdan ohittaneista ajoneuvoista rekisteritunnuksen, tyypin ja ohittamisajankohdan (1/10 s tarkkuus). Näin tuloksia voidaan tarkastella erikseen koko tutkimusajalta tai tietyn mittaisilta aikajaksoilta (esim. vilkkain 15 minuuttia).

Ennen-tilanne

Hyvinkään suunnan havainnoista poistettiin ennen-tilanteen kuvanauhoja purettaessa Hyrylänkujan kohdalla kääntyneet sekä kääntyvien ajoneuvojen vuoksi hidastamaan tai pysähtymään joutuneet ("häiriytyneet") ajoneuvot. Hyvinkään tulosuunnalta poistettiin aamulla 39, keskipäivällä 3 ja iltapäivällä 71 ajoneuvoa. Hyvinkään poistumissuunnan havainnoista poistettiin aamulla 23, keskipäivällä 8 ja iltapäivällä 102 ajoneuvoa.

Helsingin tulosuunnan matkanopeudet aamulla ja keskipäivällä ovat suurempia kuin muilla tulosuunnilla, koska tulosuunnan kuvauspiste sijaitsi kauempana liittymästä kuin Hyrylän ja Hyvinkään tulosuuntien pisteet ja ajoneuvojen nopeudet olivat suurempia pisteen kohdalla. Helsingin tulosuunnan matkanopeudet iltaruuhkassa eivät täysin kuvaa jonon nopeutta, sillä kelluvasta autosta tehtyjen havaintojen perusteella jonon nopeus alkoi kasvaa suunnilleen Helsingin tulosuunnan kuvauspisteen kohdalla. Sen sijaan Savion liittymän ja kiertoliittymän välisen linjaosuuden alkupäässä jono kulki hitaammin ja pysähteli. Kun jono ulottui Savion liittymän taakse, kelluvan auton matkanopeudet em. linjaosuudella olivat 15,0 - 22,0 km/h.

Jälkeen-tilanne

Jälkeen-tilanteessa matkanopeudet kasvoivat lähes kaikilla tutkituilla suunnilla. Ainoastaan Hyrylän tulosuunnan aamu- ja päiväliikenteen matkanopeudet laskivat. Hyvinkään tulosuunnan matkanopeuksien tuntuva kasvu johtuu suurelta osin Yli-Jussilan risteyssillan valmistumisesta, minkä vuoksi ennen-tilanteessa nopeuksia alentanut tietyömaa ei enää ollut haittana.

Raskaiden ajoneuvojen keskinopeudet liittymäalueella olivat keskimäärin 3,8 km/h alhaisempia kuin kevyillä ajoneuvoilla. Perävaunullisten kuorma-autojen keskinopeudet erosivat kevyiden ajoneuvojen keskinopeuksista ennen-tilanteessa +0,9 ... -3,6 km/h ja jälkeen-tilanteessa -2,1 ... -8,9 km/h. Suurimmillaan keskinopeuserot olivat Hyvinkään-Helsingin suunnan jälkeen-tilanteen aamun ja illan mittauksissa (-8,9/-8,6 km/h). Suuri nopeusero johtui ilmeisesti sorankuljetusajoneuvoista, jotka kulkivat täysinä Hyvinkään suunnasta Helsingin suuntaan. Lisäksi henkilö- ja pakettiautot pystyivät tarvittaessa ohittamaan raskaat ajoneuvot ajamalla tulohaaran vasenta ajokaistaa.

Ennen-jälkeen-tilanteen matkanopeuksien keskiarvot liikennevirroittain on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8: Keskimääräiset matkanopeudet Hyrylän kiertoliittymässä ennen-jälkeen-tilanteissa.

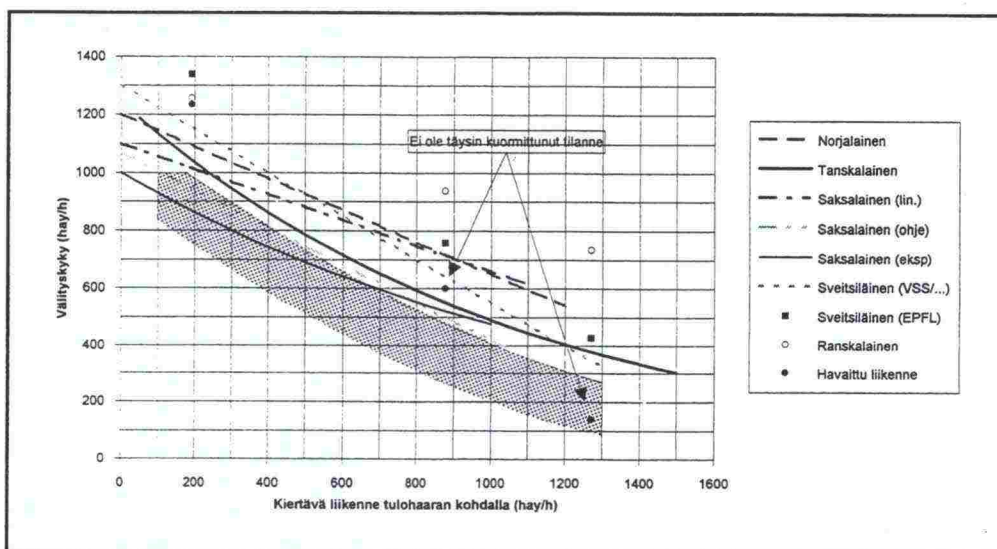
Tulosuunta	Poistumis-suunta	Keskimääräiset matkanopeudet ¹ (km/h)					
		aamu		keskipäivä		iltapäivä	
		ennen	jälkeen	ennen	jälkeen	ennen	jälkeen
Helsinki	Hyrylä	44,3	51,6	43,9	45,7	22,6	44,2
	Hyvinkää	43,4	44,4	40,9	45,5	23,3	40,2
Hyrylä	Hyvinkää	(31,0)	29,4	(27,4)	(28,0)	(21,9)	30,2
	Helsinki	35,0	34,4	36,0	34,6	31,8	32,3
Hyvinkää	Helsinki	29,2	41,3	38,0	45,0	38,1	44,3
	Hyrylä	(23,6)	(23,2)	(27,2)	(34,6)	(24,8)	(32,9)

¹ suluihin olevat arvot on laskettu alle 30 havainnon aineistosta

Liitteessä 6 on esitetty matkanopeudet ajoneuvolajeittain koko tutkimusajalta sekä vilkkaimman 15 minuutin osalta.

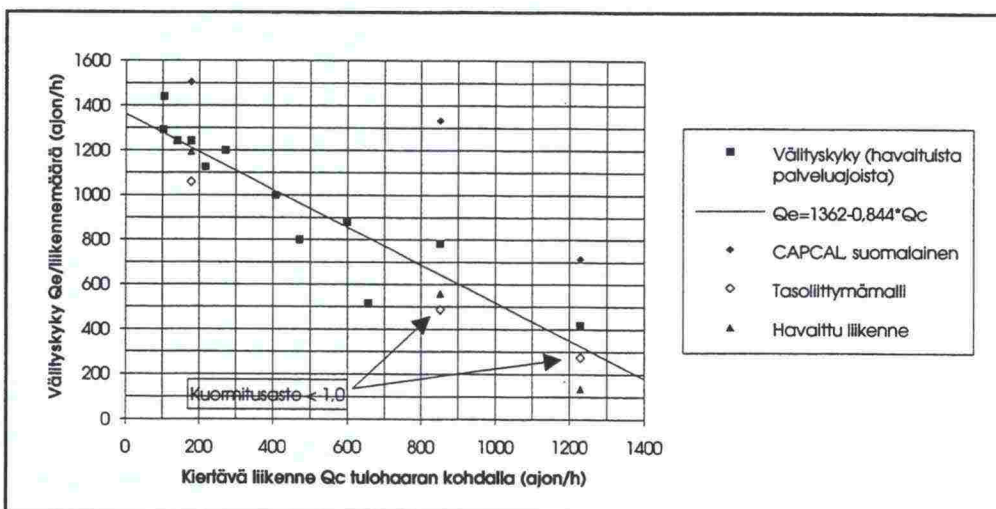
4.9 Välitiskyky

Kuvassa 42 on vertailtu eräden laskentamallien yksikaistaiselle kiertoliittymälle antamia välitiskykyjä Helsingin suunnan iltaruuhkassa ja Hyvinkään suunnan aamuruuhkassa 21.9.1994 havaittuihin liikennemääriin. Hyvinkään suunnalla ei ollut jatkuvaa jonoa, mikä johtui Hyrylän suunnan liikennevaloista ja niiden ajoituksesta.



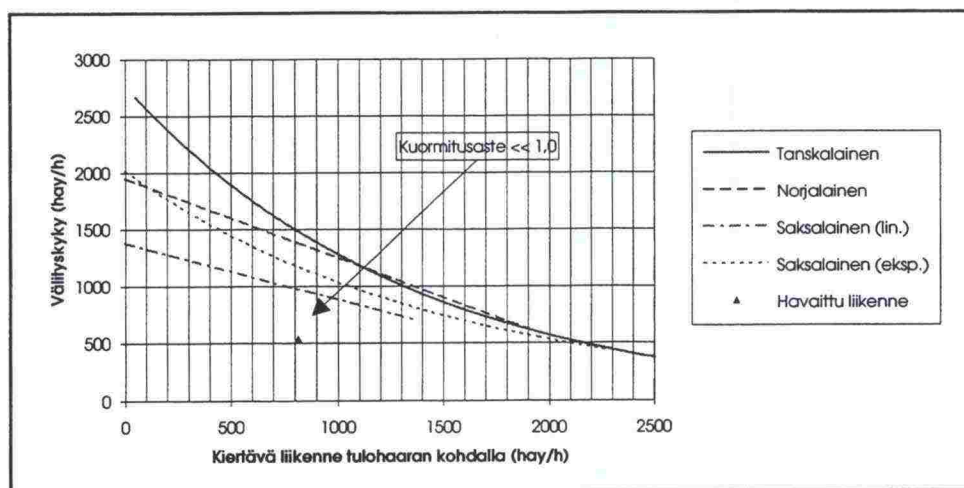
Kuva 42: Eräiden laskentamallien antamat yksikaistaisen kiertoliittymän välityskyvyt (hay/h) sekä havaitut liikennemäärät Helsingin ja Kievarinportin suunnan iltaruuhkassa ja Hyvinkään suunnan aamuruuhkassa 21.9.1994 (varjostettu alue on yksikaistaisen kiertoliittymän välityskyky tielaitoksen suunnitteluohjeissa).

Kuvassa 43 on verrattu kuvanauhalta havaittujen palveluaikojen perusteella ruotsalaisella menetelmällä laskettuja välityskykyjä (kaavat 3 ja 4) ja niiden perusteella piirrettyä regressiosuoraa tielaitoksen tasoliittymämallilla ja CAPCAL:illa laskettuihin arvoihin sekä havaittuihin liikennemääriin. Kuvasta nähdään, että CAPCAL:in antamat arvot ovat aivan liian suuria ja tasoliittymämallin perusteella lasketut arvot hieman varovaisia havaittuihin liikennemääriin ja regressiosuoraan nähden.



Kuva 43: Yksikaistaisen kiertoliittymän palveluaikahavaintojen perusteella laskettu välityskyky verrattuna CAPCAL:n ja tasoliittymämallin antamaan välityskykyyn.

Kaksikaistaisessa vaiheessa liittymän mikään tulohaara ei ollut mittausaikoina täysin kuormittunut, joten suoraan havainnoista ei voi arvioida kaksikaistaisen kiertoliittymän välityskykyä. Kuvassa 44 on esitetty eräillä laskentamalleilla saadut kaksikaistaisen kiertoliittymän välityskyvyt.



Kuva 44: Eräillä laskentamalleilla lasketut kaksikaistaisen kiertoliittymän välityskyvyt (hay/h) sekä havaittu liikennemäärä Hyvinkään suunnan aamuruuhkassa 9.5.1995.

Taulukossa 9 on esitetty Helsingin suunnan iltaruuhkassa ja Hyvinkään suunnan aamuruuhkassa havaitut liikennemäärät sekä CAPCAL:in suomalaisen version kiertoliittymämallin ja tielaitoksen tasoliittymien välityskykymallin antamat tulosuunnan välityskykyarvot havaitulla kiertävän liikenteen määrällä. Tasoliittymän välityskykymallissa käytettiin taulukon 5 kriittisen aikavälin arvoja. Palveluajat määrättiin em. kriittisten aikavälien arvojen perusteella valo-ohjaamattoman tasoliittymän välityskyvyn laskentaohjeen käyrästä.

Taulukko 9: CAPCAL:in kiertoliittymän välityskykymallin ja tasoliittymämallin välityskykyarvojen vertailu liikennemäärähavaintoihin ennen-jälkeen-tilanteessa Helsingin ja Hyvinkään tulosuunnilla (Q_c = kiertävä liikenne ja Q_o = havaittu saapuva liikenne).

Tulosuunta	Havaitut liikennemäärät sekä tulosuunnan välityskyky (ajon/h)							
	Yksikaistainen kiertoliittymä				Kaksikaistainen kiertoliittymä			
	Q_c	Tulosuunta			Q_c	Tulosuunta		
		Q_o	CAPCAL	tasoliittymämalli ¹		Q_o	CAPCAL	tasoliittymämalli ¹
Helsinki	178	1 196	1 505	1 059	-	-	-	-
Hyvinkää ²	853	561	1 333	487	804 ³	503 ⁴	2 747	1 200

¹ toissijaisten päävirtojen vaikutusta välityskykyyn ei ole otettu huomioon

² tulosuunta ei ollut täysin kuormittunut ennen-jälkeen-tilanteessa

³ sisempi ajokaista 395 ajon/h, ulompi ajokaista 409 ajon/h

⁴ vasen ajokaista 136 ajon/h, oikea ajokaista 367 ajon/h; tulosuunta ei ollut täysin kuormittunut

Välityskykyarvot eroavat toisistaan melkoisesti. Yksikaistaisessa kiertoliittymässä tasoliittymän välityskykymalli antaa samalla kiertävän liikenteen määrällä tässäkin vertailussa havaittuja liikennemääriä alhaisempia ja CAPCAL korkeampia arvoja. Hyvinkään suunta ei tosin ollut ennen-jälkeen-tilanteessa täysin kuormittunut. Välityskykyarvoon vaikuttaa lisäksi huomattavasti kriittisen aikavälin arvo, joka on Hyvinkään suunnalla videokameran sijainnin vuoksi epätarkka. Sen sijaan Helsingin suunnan aikavälihavainnot ovat varsin tarkkoja. Helsingin tulosuunnalle ei kaksikaistaisessa vaiheessa ole tehty välityskykytarkasteluja, koska kiertotilan uloimmalla kaistalla on tulohaaran kohdalla sulkualue.

Erot viittaavat siihen, että CAPCAL:in kriittisen aikavälin määrittämisperiaate (saadaan nomogrammista sekoittumisalueen leveyden ja pituuden suhteen avulla) johtaa liian pieniin palveluajan arvoihin ja siten liian suuriin välityskykyarvoihin. Myös ruotsalaisessa tutkimuksessa (Hagring 1995) on päädytty samankaltaisiin tuloksiin ja uutta ruotsalaista välityskykymallia ollaan kehittämässä.

4.10 Liikenneturvallisuus

Yksikaistaisessa vaiheessa 27.7.1992 - 21.9.1994 välisenä aikana kiertoliittymässä oli tapahtunut neljä poliisin tietoon tullutta moottoriajoneuvo-onnettomuutta:

- * 15.11.1992 klo 1.00 peräänajo Helsingin tulosuunnalla, tienpinta luminen ja jäinen, lumisade, ei henkilövahinkoja
- * 14.1.1993 klo 19.48 risteämisonnettomuus (kylkikolari) Helsingin poistumissuunnan kohdalla Hyvinkään suunnasta Hyrylään aikoneen kuorma-auton ja Hyrylän suunnasta Helsinkiin aikoneen henkilöauton välillä, tienpinta sohjoinen, räntäsade, ei henkilövahinkoja
- * 17.12.1993 klo 8.30 Hyvinkään suunnasta Järvenpään suuntaan liian suurella tilannenopeudella matkanneen täysperävaunun kuorma-auton vetoauton kaatuminen (kuorma liikkui) kiertotilassa suunnilleen Kievarinportin kohdalla, tienpinta paljas, märkä/sohjoinen ja kuljettaja loukkaantui
- * 1.8.1994 klo 15.50 peräänajo kahden henkilöauton välillä Helsingin tulosuunnalla sisääntulon kohdalla, tienpinta paljas, kuiva, sää kirkas, ei henkilövahinkoja.

Kaksikaistaisessa vaiheessa 22.9.1994 - 21.9.1995 välisenä aikana *eteläisessä kiertoliittymässä* ei ole tapahtunut henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia. Vastaavatyypisessä *pohjoisessa kiertoliittymässä* on tapahtunut 31.5.1995 kahteen henkilövahinkoon johtanut peräänajo (maantie 145), johon oli osallisena kaksi henkilöautoa. Täten sekä yksi- että kaksikaistaisessa kiertoliittymässä on tutkimusajankaudella sattunut keskimäärin 0,5 heva-onnettomuutta/vuosi.

Vertailun vuoksi ennen eteläistä kiertoliittymää Helsingin suunnalta lähestyttäessä olevissa kuudessa valo-ohjauksisessa tasoliittymässä on 27.7.1992 - 21.9.1995 välisenä aikana tapahtunut 13 heva-onnettomuutta (2,1 kpl/liittymä). Onnettomuuksista 5 on peräänajoja, 7 risteämisonnettomuuksia ja 1 kevyen

liikenteen onnettomuus. Yhteensä onnettomuuksissa on kuollut 1 ihminen ja loukkaantunut 15 ihmistä.

Hyrylän kiertoliittymissä ei ole sattunut risteävien ajoneuvojen heva-onnettomuuksia, joita valo-ohjauksisissa liittymissä oli noin puolet kaikista heva-onnettomuuksista. Lisäksi kiertoliittymässä näyttäisi tapahtuvan hieman vähemmän henkilövahinko-onnettomuuksia kuin kanavoidussa, valo-ohjauksisessa tasoliittymässä. Lyhyt seuranta-aika ja pienet onnettomuusmäärät vaikeuttavat varmojen johtopäätösten tekoa, mutta alhaisten nopeuksien ja loivien törmäyskulmien vuoksi kiertoliittymässä satuva kiertävän ja saapuvan ajoneuvon välinen yhteentörmäys ei johda yhtä helposti henkilövahinkoon kuin muiden tasoliittymätyyppien risteämis- tai liittymisonnettomuus. Peräänajot ovat luultavasti vakavuudeltaan samankaltaisia silloin, kun liittymään saapuvien liikennevirtojen nopeudet ovat suunnilleen yhtä suuria (esim. taajama-alue).

5 YHTEENVETO

Kaksikaistainen kiertoliittymä on melko yleinen kiertoliittymätyyppi maailmalla silloin, kun liittymän KVL on yli 10 000 - 18 000 ajon/d. Kaksikaistainen kiertoliittymä on osoittautunut välityskyvyltään hyväksi liittymätyypiksi, mutta sen turvallisuudesta ei ole saatavilla tarkkaa tietoa.

Kiertotilan ajokaistamerkintätavat vaihtelevat maailmalla suuresti ja jopa saman maan sisällä vallitsee erilaisia käytäntöjä. Esimerkiksi Ruotsin kaksikaistaisissa kiertoliittymissä on tavallisesti ajokaistanuolet, mutta ajokaistamerkinnot voidaan tehdä turbiinityyppisesti, keskeisperiaatteella (kiertotilan ajokaistat merkitty joko katkoviivalla tai liikennesaarekkeen kohdalla olevalla sulkuviivalla) tai siten, että suurimmille liikennevirroille on varattu lisäkaistoja. Kiertotilan ajokaistamerkinnot voidaan myös jättää kokonaan tekemättä. Iso-Britannian ja Norjan kaksikaistaisissa kiertoliittymissä taas ei käytetä lainkaan ajokaistamerkintöjä.

Välityskyky

Useimmissa välityskyymalleissa kiertoliittymän välityskyky riippuu tavalla tai toisella lineaarisesti tai ei-lineaarisesti kiertävän liikenteen määrästä kunkin tulosuunnan kohdalla. Mallit ovat joko empiirisiä, liittymän geometrisiin ominaisuuksiin tai havainnoista tehtyihin regressioanalyysiin perustuvia tai teoreettisia aikaväliteoriaan (lähtö-, seuranta-aikaväli sekä kriittinen aikaväli) perustuvia.

Välityskyymallien antamat välityskyvyt eroavat toisistaan melko paljon. Seuraavassa on esitetty eräiden mallien antamat tulosuunnan välityskyvyt (hay/h) kahdella kiertävän liikenteen Q_c määrän arvolla:

	$Q_c = 0$ hay/h:	$Q_c = 1\,000$ hay/h:
Yksikaistainen	1 000 - 1 300	410 - 660
Kaksikaistainen	1 400 - 2 200	900 - 1 250.

Hyrylän eteläisessä kiertoliittymässä tehtyjen havaintojen perusteella välityskyymallit, ranskalaista CETUR- ja sveitsiläistä EPFL-mallia lukuunottamatta, aliarvioivat yksikaistaisen kiertoliittymän välityskykyä silloin kun kiertävää liikennettä on vähän ja yliarvioivat sitä, kun kiertävän liikenteen määrä on suuri.

CAPCAL:in kiertoliittymän välityskyymallilla lasketut välityskyvyt olivat liian suuria. Esimerkiksi ennen-vaiheessa Helsingin tulosuunnan liikennemäärillä iltaruuhkassa kuormitusaste oli CAPCAL:in mukaan 0,79, vaikka samaan aikaan havaittu jono oli pahimmillaan yli kilometrin mittainen. Erot viittaavat siihen, että sekoittumisalueiden mittoihin perustuva laskentamalli ei toimi hyvin uudentyyppisten kiertoliittymien välityskyylaskelmissa, koska kiertoliittymä toimii lähinnä kuten sarja T-liittymiä. Myös ruotsalaisessa tutkimuksessa on päädytty samankaltaisiin tuloksiin ja sen vuoksi uutta välityskyymallia ollaan kehittämässä. Em. syistä CAPCAL:ia ei tulisi käyttää kiertoliittymäsuunnittelussa.

Tielaitoksen tasoliittymän välityskyymallilla lasketut Helsingin ja Hyvinkään yksikaistaisen tulosuuntien välityskyvyt olivat hieman liian pieniä, mutta malli antaa ilmeisesti CAPCAL:in kiertoliittymämallia parempia tuloksia.

Kaksikaistaisen kiertoliittymän välityskykyyn ei saatu havainnoista suoraan arvioita, koska mikään liittymähaara ei ollut jälkeen-tilanteessa tarpeeksi kuormittunut eli liittymä toimi erinomaisesti. Laskentamallien mukaan Hyvinkään suunnan ($Q_c = 878$ hay/h) välityskyky aamuruuhkassa on kaksikaistaisessa vaiheessa 965 - 1 406 hay/h.

Aikavälit ja matkanopeudet

Hyrylän eteläisessä kiertoliittymässä havaitut kriittiset aikavälit olivat yksikaistaisessa vaiheessa Helsingin ja Kievarinportin suunnalla 2,7 - 4,1 s ja kaksikaistaisessa vaiheessa 2,8 - 3,5 s. Arvot ovat jonkin verran ulkomaisissa tutkimuksissa saatuja pienempiä. Syynä tähän voi olla se, että suuri osa liikenteestä on paikallista ja kuljettajat tottuneita ajamaan kiertoliittymässä. Havaitut lähtöaikavälit olivat tulosuunnan ja havaintoajan mukaan ennen-tilanteessa 2,3 - 2,9 s ja jälkeen-tilanteessa 2,0 - 2,5 s.

Lähes kaikkien tutkittujen liikennevirtojen matkanopeudet nousivat kaksikaistamisen myötä. Raskaiden ajoneuvojen matkanopeudet liittymäalueen läpi olivat keskimäärin 3,8 km/h alhaisempia kuin kevyillä ajoneuvoilla. Perävaunulisten kuorma-autojen matkanopeuserot henkilö- ja pakettiautoihin verrattuna olivat yleensä samaa luokkaa.

Liikenneturvallisuus

Kaksikaistaisen kiertoliittymien turvallisuusvaikutuksia ei tiettävästi ole erikseen tutkittu. Ruotsissa ja Norjassa kiertoliittymän koon kasvamisen arvioidaan lisäävän onnettomuusriskiä. Suuret kiertoliittymät ovat usein monikaistaisia, joten kaksikaistaiset kiertoliittymät näyttävät näin olevan yksikaistaisia turvattomampia. Saksassa kaksikaistaisen kiertoliittymän käyttöä on rajoitettu mm. puutteellisten turvallisuustietojen vuoksi.

Hyrylän eteläisessä kiertoliittymässä tapahtui runsaat kaksi vuotta kestäneen yksikaistaisen vaiheen aikana neljä onnettomuutta, joista kaksi oli peräänajoa, yksi risteämisonnettomuus ja yksi täysperävaunullisen kuorma-auton kaatuminen liian suuren tilannenopeuden tähden. Kuorma-auton kuljettaja loukkaantui kaatumisen yhteydessä.

Kaksikaistaisessa vaiheessa eteläisessä kiertoliittymässä ei vuoden aikana tapahtunut yhtään henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta. Yhtäaikaa avatussa kaksikaistaisessa pohjoisessa kiertoliittymässä tapahtui kahteen loukkaantumiseen johtanut peräänajo. Läheisissä kantatien 45 valo-ohjauksisissa liittymissä on eteläisen kiertoliittymän avaamisen jälkeen tapahtunut kolmen vuoden aikana keskimäärin 2,1 heva-onnettomuutta/liittymä. Näistä yli puolet oli risteämisonnettomuuksia. Molempien kiertoliittymien suuret liikennemäärät huomioon ottaen kaksikaistaiset kiertoliittymät ovat osoittautuneet turvallisiksi.

6 LÄHDELUETTELO

Aagaard, P. 1995. Metoder til valg af reguleringsform for vejkryds. Institut for Veje, Trafik og Bygplan, Danmarks Tekniske Universitet. ISSN-0107-0134, ISBN-87-7341-095-0.

ASVV 1988. Aanbevelingen voor verkeersvoorzieningen binnen de bebouwde kom. Haag. S. 871 - 872. ISBN 90-668-069-7.

Austroroads 1993. Guide to Traffic Engineering Practice. Part 6 - Roundabouts. Sydney. 86 s. (AUSTROADS Publication No. AP-11.6/93). ISBN 0 85588 425 8.

Beilinson, L. 1994. Tiedonanto Lamminhovin kiertoliittymän palveluaikojen määrittämismenetelmästä 28.10.1994. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus.

Bovy, P. H. 1991. Zusammenfassung de schweizerischen Kreiselhandbuchs. Strasse Und Verkehr Nr. 3 März 1991. S. 129 - 138.

Brilon, W. & Stuwe, B. 1991. Kreisverkehrsplätze - Leistungsfähigkeit, Sicherheit und verkehrstechnische Gestaltung. Strassentechnik 6/91. S. 296 - 304.

Brilon, W. 1994. Vastaus Saksan kaksikaistaisia kiertoliittymiä koskeneeseen kyselyyn. 28.11.1994. Ruhr-University Bochum, Faculty of Civil Engineering, Institute of Transportation, Prof. Dr.-Ing.

Dagersten, A. 1992. Roundabouts in Switzerland and Sweden. Tekniska Högskolan i Lund, Institutionen för Trafikteknik. 47 s. (Thesis 72). ISSN 0286-7394.

Dowell, N. C. 1994. Englannin liikenneministeriön vastaus 15.11.1994 kaksikaistaisia kiertoliittymiä koskeneeseen kyselyyn. The Department of Transport, Highways Agency, Road Engineering and Environmental Division.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 1988. Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS). Teil: Knotenpunkte (RAS-K). Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte. RAS-K-1. BONN-BAD GODESBERG. 86 s. ISBN 3 7812 1218 1.

Gambard, J-M. 1991. Les carrefours giratoires: recherches et développements en France. Route et Trafic N° 3, Mars 1991. S. 140 - 144.

The Department of Transport et al. 1993. Design Manual for Roads and Bridges. Volume 6: Road geometry. Section 2: Junctions. Part 3: Geometric design of roundabouts. 48 s. TD 16/93.

Hagring, O. 1992. Kapacitet i icke signalreglerade korsningar. Program för forskning vid Institutionen för trafikteknik. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för trafikteknik. 41 s. (Bulletin 107). ISSN 0346-6256.

Hagring, O. 1995. Rapportlunnon uuden ruotsalaisen kiertoliittymän välityskyymallin kehittämistä, 10/1995. Lunds Tekniska Högskola, Trafikteknik. 66 s.

Hakola, V. 1994. Suullinen tiedonanto 11.10.1994. Tielaitos, kehittämiskeskus, yli-insinööri.

Hughes, B. P. 1989. So You Think You Understand Gap Acceptance! Australian Road Research, September s. 195 - 204.

Liber Förlag 1985. Väg- och vattenbyggnader. Kapitel V02: Väg- och gatutrafikanläggningar. Stockholm. S. 42. ISBN 91-38-06081-7.

Liikennetekniikka Oy 1988. Maantien 145 liittymät Hyrylän keskustassa. Helsinki: TVL, Uudenmaan tiepiiri 1.12.1988. 7 s. 12 liitettä.

Lyly S. 1990. Tien liikenteenvälityskyky - Highway Capacity Manual 1985. Otaniemi. 114 s. (TKK, Liikennetekniikka, Julkaisu 68). ISBN 951-22-0208-5.

Niittymäki, J. 1994a. Liikennetekniikan kenttämittaukset. Otaniemi. 64 s. + 14 s. liitteitä. (TKK, Liikennetekniikka, Opetusmoniste 12).

Niittymäki, J. 1994b. Tiedonanto seuranta-aikavälin määrittämisperiaatteista TKK:n liikennelaboratorion mittauksissa 25.11.1994.

Nordiska Vägtekniska Förbundet 1984. Rundkjøringer. Utvalg 22. Prosjektering av veger og gater. Rapport nr. 27, 1984. 100 s.

Peltola, V. 1994. Kiertoliittymät - suunnitteluohjeet ja välityskyky. 30 s. Erikoistyö: TKK.

Rohloff, M. 1995. Einsatzmöglichkeiten und Gestaltung von Kreisverkehrsplätzen an Bundesstraßen außerhalb bebauter Gebiete. Straße und Autobahn 9/95, s. 522 - 524.

Rosenberg, M. 1979. Välityskyky, viivetykset ja jononpituudet ohjaamattomassa tasoliittymässä. Liikennevirran ominaisuudet, Liikennetekniikan seminaari 1978-79. Otaniemi. 25 s. (TKK, julkaisu 46).

Sainio, H. 1982. Liittymisrampin toiminta moottoriliikennetiellä. 128 s. Diplomityö: TKK.

Seim, K. 1991. Use, design and safety of small roundabouts in Norway. Intersections Without Traffic Signals, Proceedings of an International Workshop 18-19 July, 1991 in Bochum, Germany. Norway. 12 s. Directorate of Public Roads, Public Roads Administration, Senior Engineer.

Sejm, K. 1994. Two-lane roundabouts. Tiedonanto 21.11.1994 kaksikaististen kiertoliittymien käytöstä Norjassa.

Statens vegvesen 1993. Beg- og gateutforming. Del C-18. Vegkryss. S. 121 - 209

Statens Vägverk 1977. Beräkning av kapacitet, kölängd, fördröjning i vägtrafikanläggningar. Kapitel 6: Cirkulationsplatser och korta växlingsträckor. TV 131.

Stenberg, L. 1994. Ruotsin tielaitoksen vastaus 28.11.1994 kaksikaistaisia kiertoliittymiä koskeneeseen kyselyyn. Vägverket, VMTt. 5 s.

Tekniikan käsikirja. 1975. 2.p. Osa 6. Liikennetekniikka. Jyväskylä: Gummerus. S. 221 - 222. ISBN 951-20-0425-9.

Tie- ja vesirakennushallitus, tiensuunnittelutoimisto 1978. Valo-ohjaamattoman tasoliittymän välityskyky. Laskentaohje. 27 s. TVH 722306.

Tiehallitus, Kehittämiskeskus 1991. Kiertoliittymät ja niiden välityskyky. Helsinki. 102 s. (Tielaitoksen selvityksiä 23/1991). ISBN 951-47-4394-6, TIEL 3020022. Diplomityö: TTKK.

Tiehallitus, Kehittämiskeskus 1992a. Kiertoliittymän liikenteelliset vaikutukset. Ennen-jälkeen-tutkimus Lammin maanteliittymässä. Helsinki. 37 s. (Tielaitoksen selvityksiä 55/1992). ISBN 951-47-6621-0, TIEL 3200106.

Tiehallitus, Kehittämiskeskus 1992b. Kiertoliittymät. Suunnitteluohje. Helsinki. 37 s. ISBN 951-47-6854-X, TIEL 2130010.

Trafiksäkerhetsverket 1990. Regler om vägmärker och trafik. Vägmarkeringar. Luvut 4.2.1 - 4.2.2: Stopplinje och väjningslinje.

Troutbeck, R. J. 1982. Review of the literature of roundabout capacity and delays. Australian Road Research Board. Internal Report Air 393-2. 38 s.

Uusiheimala M. 1995. Kriittisen aikavälin tarkastelu. 61 s. Erikoistyö: TKK.

Vejdirektoratet 1991. Byernes trafikarealer. Hæfte 1. Forudsætninger for den geometriske udformning. Tanska. 44 s.

Vejdirektoratet 1993. Notat om rundkørslers kapacitet. Sisäinen muistio. 20 s + 8 s liitteitä.

Vejdirektoratet 1995. Rundkørsler. 5. udkast . København. 176 s.

Vodahl, S et al. 1980. Rundkjøringer. Del I: litteraturstudier - Prosjekteringsgrunnlag. Norge. 106 s. Norges Tekniske Høgskole, Institutt for Samferdselsteknikk, Forskningsgruppen. Oppdragsrapport nr 52.

Vägverket 1994. Vägutformning 94. Del 7. Korsningar. Borlänge: Vägverket, Division Väg & Trafik, Avdelning Marknad & Trafikant. S. 107 - 123. VV Publikation 1994:053.

7 LIITTEET

1. Australialaisen välityskykymallin parametrit
2. Rekisteritunnustutkimuksen kameroiden sijainti 21.9.1994 ja 9.5.1995
3. Hyrylän eteläisen kiertoliittymän liikennemäärät ja raskaan liikenteen osuus
4. Kriittinen aikaväli tulosuunnittain Hyrylän 1-kaistaisessa kiertoliittymässä
5. Hyrylän eteläisen kiertoliittymän jonopituudet
6. Matkanopeudet Hyrylän eteläisen kiertoliittymän kohdalla

AUSTRALIALAISEN LASKENTAMALLIN PARAMETRIT

Inscribed Diameter (m)	Circulating Flow (veh/h)					
	0	500	1000	1500	2000	2500
20	2.99	2.79	2.60	2.40	2.20	2.00
25	2.91	2.71	2.51	2.31	2.12	1.92
30	2.83	2.63	2.43	2.24	2.04	1.84
35	2.75	2.55	2.36	2.16	1.96	1.77
40	2.68	2.48	2.29	2.09	1.89	1.70
45	2.61	2.42	2.22	2.02	1.83	1.63
50	2.55	2.36	2.16	1.96	1.76	1.57
55	2.49	2.30	2.10	1.90	1.71	1.51
60	2.44	2.25	2.05	1.85	1.65	1.46
65	2.39	2.20	2.00	1.80	1.61	1.41
70	2.35	2.15	1.96	1.76	1.56	1.36
75	2.31	2.11	1.92	1.72	1.52	1.33
80	2.27	2.08	1.88	1.68	1.49	1.29

From Troutbeck (1989)

Note: The values of the follow-up headway are given to two decimal places to assist in interpolation. The adopted value may be rounded to one decimal place.

- Flows above about 1700 vph are not applicable to single lane circulating carriageways. (Shaded area in table)
- The ratio of the critical acceptance gap to the follow-up headway (t_{ad}/t_{fd}), is given in Table 3.2. The critical acceptance gap is the product of the appropriate values from Table 3.1 and Table 3.2.

Ensisijaisen liikennevirran lähtöaikavälin (t_{fd}) perusarvot [s].

Number of circulating lanes	one			more than one		
	3	4	5	3	4	5
Average entry lane width (m)	3	4	5	3	4	5
Circulating flow (veh/h)						
0	2.32	1.98	1.64	2.04	1.70	1.36
200	2.26	1.92	1.58	1.98	1.64	1.30
400	2.19	1.85	1.52	1.92	1.58	1.24
600	2.13	1.79	1.45	1.85	1.51	1.18
800	2.07	1.73	1.39	1.79	1.45	1.11
1000	2.01	1.67	1.33	1.73	1.39	1.10
1200	1.94	1.60	1.26	1.67	1.33	1.10
1400	1.88	1.54	1.20	1.60	1.26	1.10
1600	1.82	1.48	1.14	1.54	1.20	1.10
1800				1.48	1.14	1.10
2000				1.41	1.10	1.10
2200				1.35	1.10	1.10
2400				1.29	1.10	1.10
2600				1.23	1.10	1.10

From Troutbeck (1989)

- For single lane circulating carriageways, if the critical gap calculated from Tables 3.1 and 3.2 is less than 2.1 s, use 2.1 s.
- For multi-lane circulating carriageways, the minimum value of critical gap should be 1.5 s.

Note: Values of the ratio may be interpolated for intermediate widths of entry lane.

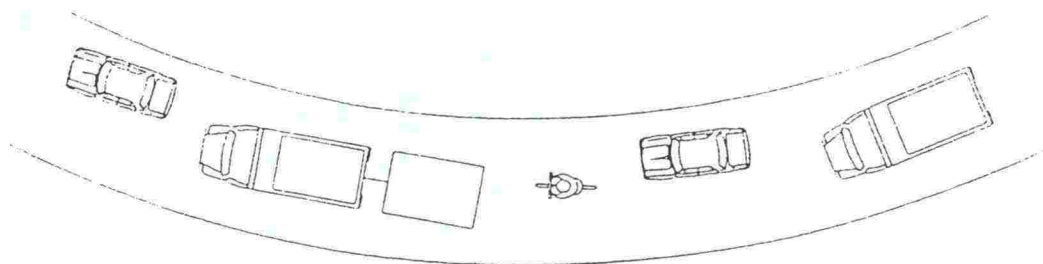
Ensisijaisen liikennevirran kriittisen aikavälin (t_{ad}) ja lähtöaikavälin (t_{fd}) suhde.

Number of circulating lanes	Number of entry lanes		
	1	2	3
1	0.00	- 0.39	—
2	0.39	0.00	- 0.39
3	—	0.39	0.00
Note: Add or subtract these factors from the initial values from Table 3.1.			

Ensisijaisen liikennevirran lähtöaikavälin (t_f) korjaustermit [s].

Dominant stream follow-up headway t_{fd} (s)	Sub-dominant follow-up headway (t_{fs})(s)				
	Ratio of flows Dominant flow/Sub-dominant flow				
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1.5	2.05	1.99	1.94	1.89	1.84
1.6	2.10	2.07	2.05	2.02	1.99
1.7	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
1.8	2.20	2.23	2.25	2.28	2.30
1.9	2.25	2.30	2.35	2.40	2.46
2.0	2.30	2.38	2.46	2.53	2.61
2.1	2.35	2.46	2.56	2.66	2.76
2.2	2.41	2.53	2.66	2.79	2.92
2.3	2.46	2.61	2.76	2.92	3.07
2.4	2.51	2.69	2.87	3.05	3.23
2.5	2.56	2.76	2.97	3.17	3.38
2.6	2.61	2.84	3.07	3.30	3.53
2.7	2.70	2.92	3.17	3.43	3.69
2.8	2.80	3.00	3.28	3.56	3.84
2.9	2.90	3.07	3.38	3.69	4.00
3.0	3.00	3.15	3.48	3.82	4.15
From Troutbeck (1989)					

Toissijaisen liikennevirran lähtöaikaväli (t_{fs}) [s].



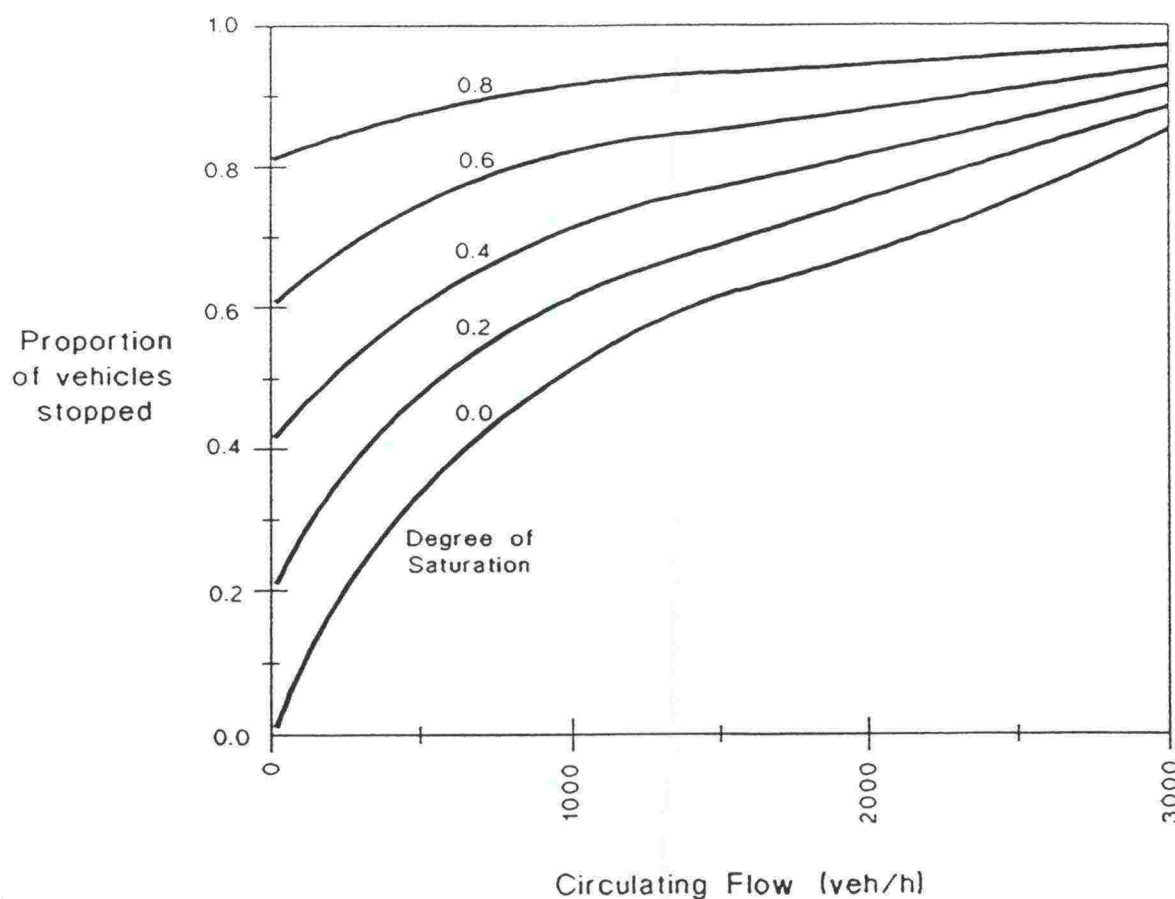
Ajoneuvojen sijainti yksikaistaisessa kiertotilassa.

	Circulating Carriageway Width			
	less than 10 m		greater than or equal to 10 m	
	Number of effective lanes	Headway between bunched vehicles (τ) (s)	Number of effective lanes	Headway between bunched vehicles (τ) (s)
Circulating Flow <1000 veh/h	1	2	2	1
>1000 veh/h	1 (or 2)	2 (or 1)	2	1

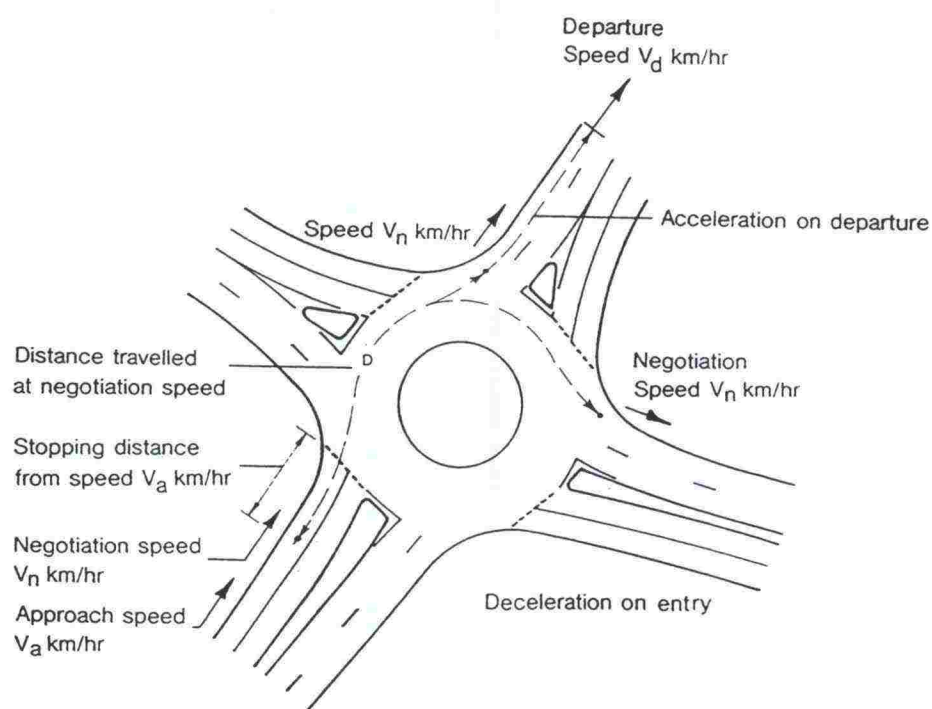
Keskimääräinen jonossa ajavien ajoneuvojen aikaväli τ [s] kiertävässä liikennevirrassa ja tehollisten kaistojen lukumäärä kiertotilassa.

Number of effective circulating lanes	one	more than one
Average headway between bunched vehicles, τ , (s)	2.0	1.0
Circulating flow (veh/h)		
0	0.250	0.250
300	0.375	0.313
600	0.500	0.375
900	0.625	0.438
1200	0.750	0.500
1500	0.875	0.563
1800	1.000	0.625
2000		0.667
2200		0.708
2400		0.750
2600		0.792

Jonossa ajavien osuus (Θ) kiertävässä liikenteessä kiertotilan tehollisen kaistamäärän ja kiertävän liikenteen määrän (ajon/h) mukaan.



Pysähtymään joutuvien osuus monikaistaisessa kiertoliittymässä.



Ajonaikaisen viivytyksen määrittämiseen käytetyt termit

Approach speed V_a (km/h)	Distance* around roundabout D (m)	Negotiation speed through roundabout V_n , (km/h)							
		15	20	25	30	35	40	45	50
40	20	10	8	7	7	7			
40	60	19	15	12	9	7			
40	100		22	17	13	10			
40	140				18	14			
40	180					18			
60	20	13	11	10	10	10	10	10	10
60	60	23	18	15	13	10	10	10	10
60	100		26	21	18	15	12	10	10
60	140				22	19	15	12	10
60	180					23	19	15	10
80	20	17	15	13	13	13	13	13	13
80	60	26	22	19	17	14	13	13	13
80	100		29	25	21	19	16	13	13
80	140				26	23	19	16	13
80	180					27	23	19	16
100	20	20	18	17	17	17	17	17	17
100	60	30	25	22	20	18	17	17	17
100	100		33	28	25	22	20	17	17
100	140				30	26	23	20	17
100	180					30	27	24	20

* Refer to Figure 3.9 for the definitions of the dimensions.

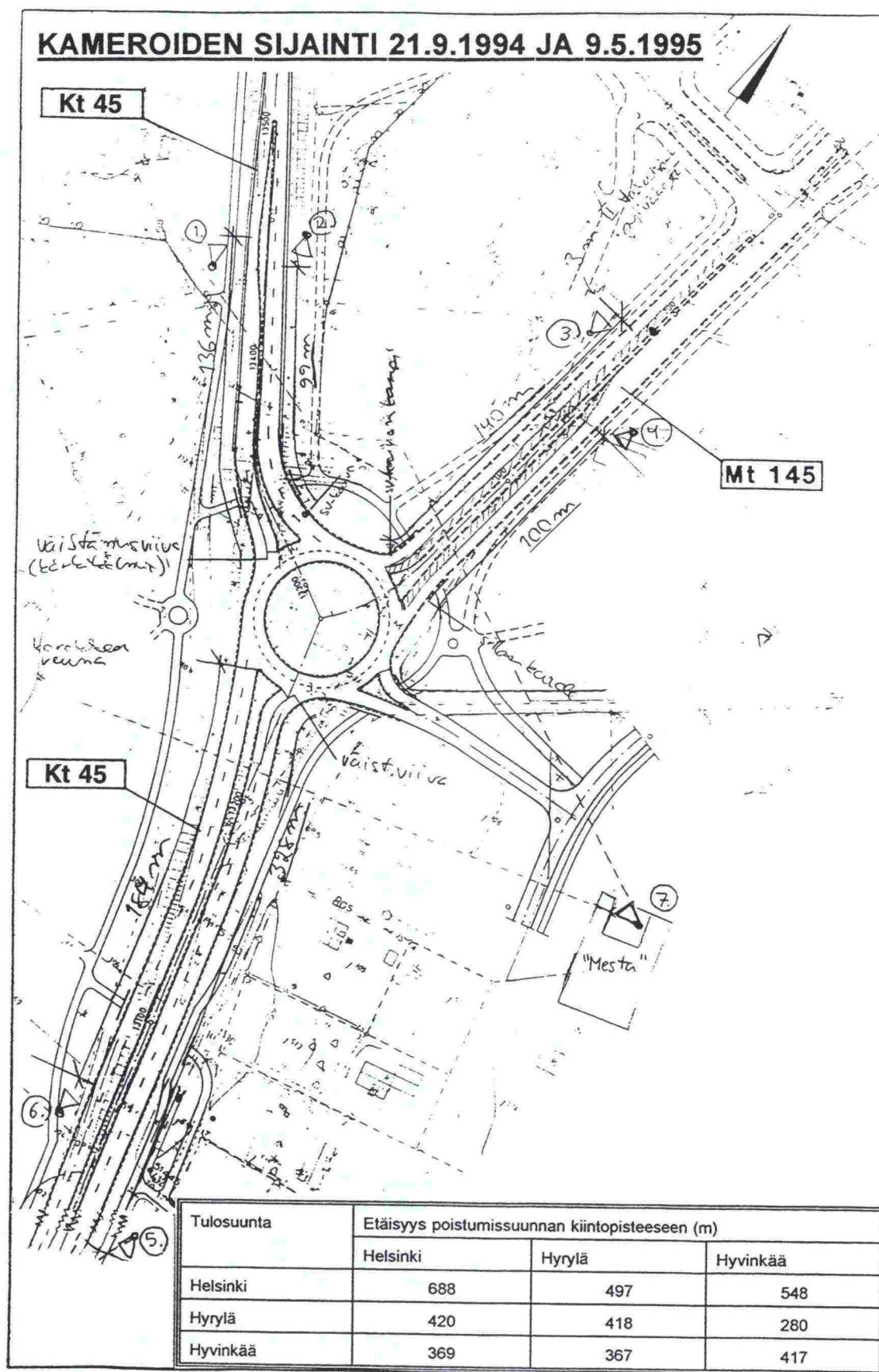
Ajonaikainen viivytys niille ajoneuvoille, joiden ei tarvitse pysähtyä [s/ajon].

Approach speed V_a (km/h)	Distance* around roundabout D (m)	Negotiation speed through roundabout V_n , (km/h)							
		15	20	25	30	35	40	45	50
40	20	7	4	2	1	0			
40	60	17	11	7	4	0			
40	100		19	13	8	4			
40	140				13	8			
40	180					12			
60	20	11	8	5	4	3	2	1	1
60	60	20	15	11	8	4	2	1	1
60	100		22	17	13	9	5	1	1
60	140				17	13	8	4	1
60	180					17	12	7	2
80	20	14	11	9	7	6	5	4	3
80	60	24	19	15	11	8	5	4	3
80	100		26	20	16	13	9	5	3
80	140				21	17	13	9	4
80	180					21	16	12	7
100	20	18	15	12	10	9	8	7	6
100	60	27	22	18	15	12	9	7	6
100	100		29	24	20	16	13	10	6
100	140				25	20	17	13	12
100	180					25	20	16	

* Refer to Figure 3.9 for the definitions of the dimensions.

Ajonaikainen viivytys niille ajoneuvoille, jotka joutuvat pysähtymään [s/ajon].

REKISTERITUNNUSTUTKIMUKSEN KAMEROIDEN SIJAINTI



HYRYLÄN ETELÄISEN KIERTOLIITTYMÄN LIIKENNEMÄÄRÄT JA RASKAAN LIIKENTEEN OSUUS

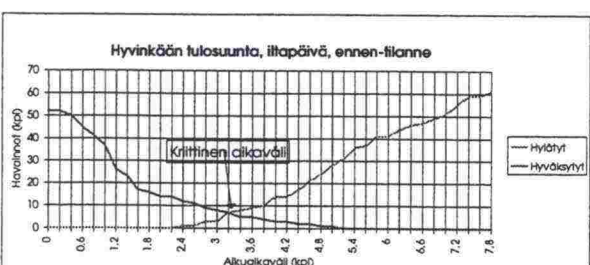
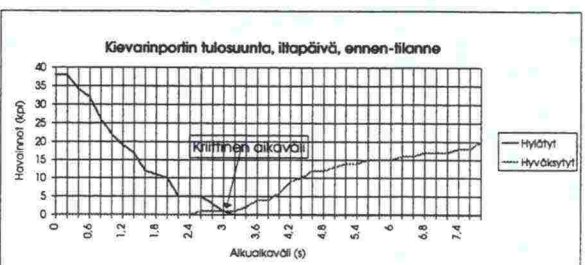
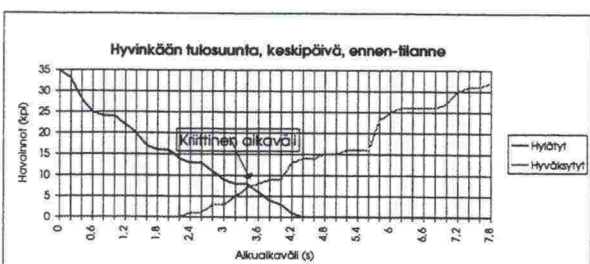
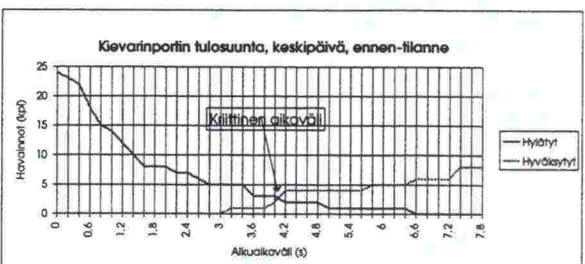
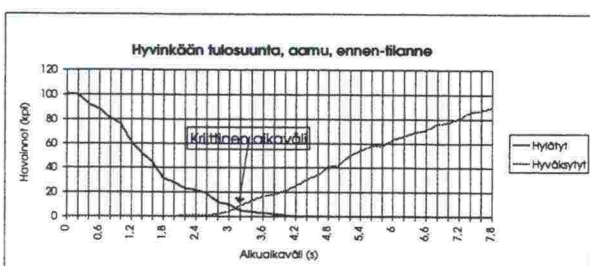
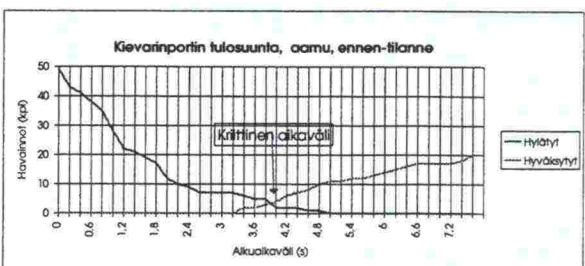
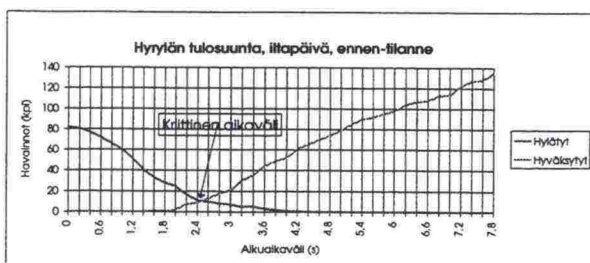
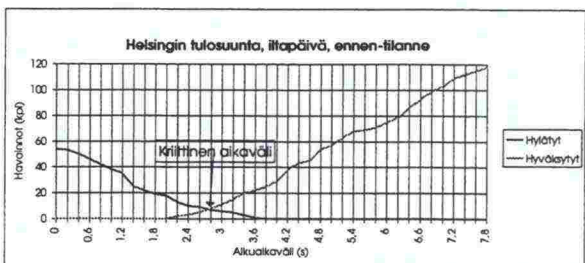
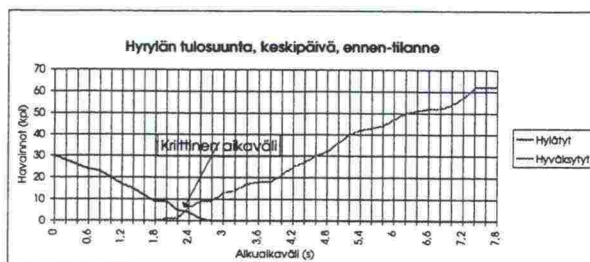
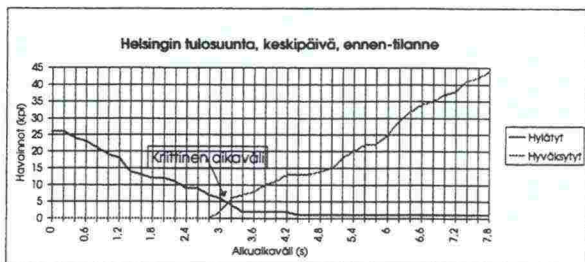
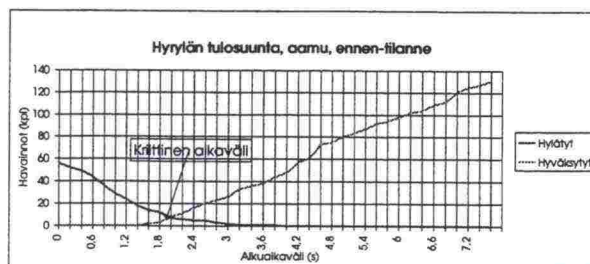
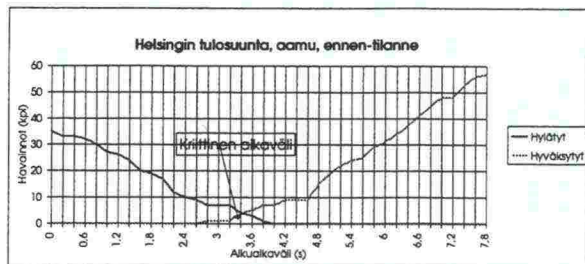
Tulosuunta	Poistumissuunta	Liikennemäärä ja raskas liikenne 6.9.1994 (aamu- ja iltahuipputunti sekä keskipäivä)					
		klo 7.35 - 8.34		klo 11.45 - 12.44		klo 15.00 - 15.55	
		ajon	%	ajon	%	ajon	%
Helsinki	Kievarinportti	54	16,3	31	25,8	62	9,7
	Hyrylä	413	4,8	398	5,8	683	5,0
	Hyvinkää	201	20,1	170	22,4	341	10,0
	Helsinki	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Yhteensä	668	10,6	599	11,5	1 086	6,8
Kievarinportti	Hyrylä	52	13,5	39	2,6	52	3,9
	Hyvinkää	24	12,5	16	31,3	17	5,9
	Helsinki	86	8,1	41	12,2	43	4,7
	Kievarinportti	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Yhteensä	162	10,5	96	11,5	112	4,5
Hyrylä	Hyvinkää	48	35,4	59	32,2	64	28,1
	Helsinki	668	5,4	392	6,6	443	6,1
	Kievarinportti	44	13,6	25	8,0	47	4,3
	Hyrylä	1	0,0	0	0,0	0	0,0
	Yhteensä	761	7,8	476	9,9	554	8,5
Hyvinkää	Helsinki	391	8,4	191	26,2	200	15,5
	Kievarinportti	28	3,6	17	11,8	19	10,5
	Hyrylä	47	27,7	50	50,0	59	13,6
	Hyvinkää	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Yhteensä	466	10,1	258	29,8	278	14,8
Yhteensä		2 057	9,4	1 429	14,3	2 030	8,2

LIITE 3/2

Tulosuunta	Poistumissuunta	Liikennemäärä ja raskas liikenne 21.9.1994 (aamu- ja iltahuipputunti sekä keskipäivä)					
		klo 7.20 - 8.19		klo 12.00 - 13.00		klo 15.20 - 16.19	
		ajon	%	ajon	%	ajon	%
Helsinki	Kievarinportti	37	13,5	40	10,0	72	2,8
	Hyrylä	388	8,8	369	8,4	781	5,1
	Hyvinkää	196	18,4	159	21,4	336	6,3
	Helsinki	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Yhteensä	621	12,1	568	12,2	1 189	5,3
Kievarinportti	Hyrylä	42	4,8	45	6,7	65	3,1
	Hyvinkää	18	16,7	17	17,7	38	5,3
	Helsinki	57	10,5	40	15,0	34	2,9
	Kievarinportti	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Yhteensä	117	9,4	102	11,8	137	3,6
Hyrylä	Hyvinkää	55	21,8	51	31,4	91	19,8
	Helsinki	742	4,6	382	7,6	521	4,6
	Kievarinportti	54	9,3	51	5,9	41	7,3
	Hyrylä	0	0,0	0	0,0	3	0,0
	Yhteensä	851	6,0	484	9,9	656	6,9
Hyvinkää	Helsinki	475	8,2	158	19,0	224	5,8
	Kievarinportti	14	7,1	11	0,0	23	13,0
	Hyrylä	71	26,8	41	46,3	109	12,8
	Hyvinkää	1	0,0	1	0,0	0	0,0
	Yhteensä	561	10,5	211	23,2	356	8,4
Yhteensä		2 150	9,1	1 365	13,1	2 338	6,1

Tulosuunta	Poistumissuunta	Liikennemäärä ja raskas liikenne 9.5.1995 (aamu- ja iltahuipputunti sekä keskipäivä)					
		klo 7.20 - 8.19		klo 12.00 - 13.00		klo 15.45 - 16.44	
		ajon	%	ajon	%	ajon	%
Helsinki	Kievarinportti	44	4,5	62	11,3	104	5,8
	Hyrylä	365	6,6	349	9,2	931	4,4
	Hyvinkää	190	13,7	198	18,2	451	8,6
	Helsinki	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Yhteensä	599	8,7	609	12,3	1 486	5,8
Kievarinportti	Hyrylä	38	5,3	49	6,1	72	2,8
	Hyvinkää	12	8,3	10	10,0	19	15,8
	Helsinki	48	2,1	42	7,1	52	3,8
	Kievarinportti	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Yhteensä	98	4,1	101	6,9	143	4,9
Hyrylä	Hyvinkää	33	54,5	43	41,9	48	25,0
	Helsinki	720	3,5	311	5,5	453	3,3
	Kievarinportti	36	5,6	33	3,0	47	4,3
	Hyrylä	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Yhteensä	789	5,7	387	9,3	548	5,3
Hyvinkää	Helsinki	465	7,5	184	15,8	278	7,9
	Kievarinportti	11	0,0	21	14,3	22	0,0
	Hyrylä	27	63,0	19	63,2	25	52,0
	Hyvinkää	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Yhteensä	503	10,3	224	19,6	325	10,8
Yhteensä		1 989	7,7	1 321	21,3	2 502	6,3

KRIITTINEN AIKAVÄLI TULOSUUNNITTAIN HYRYLÄN 1-KAISTAISSESSA KIERTOLIITTYMÄSSÄ



HYRYLÄN ETELÄISEN KIERTOLIITTYMÄN JONOPITUUDET

Hyrylän eteläinen kiertoliittymä

Keskimääräiset jononpituudet rekisteritunnustutkimuspäivinä 21.9.1994 ja 9.5.1995

Aikajakso [klo - klo]	Jononpituus (10 min keskiarvo)							
	Helsinki *		Hyrylä		Hyvinkää		Kievari	
	ennen (ajon)	jälkeen (ajon)	ennen (ajon)	jälkeen (ajon)	ennen (ajon)	jälkeen (ajon)	ennen (ajon)	jälkeen (ajon)
7.00 - 7.09	-	0,0	-	1,4	-	-	-	0,0
7.10 - 7.19	-	0,0	-	1,8	-	1,0	-	0,2
7.20 - 7.29	-	0,0	-	2,0	-	1,6	-	0,0
7.30 - 7.39	-	0,0	-	5,0	-	1,8	0,0	0,0
7.40 - 7.49	4,0	0,4	3,8	5,6	3,8	0,8	0,0	0,8
7.50 - 7.59	2,2	0,0	2,1	2,4	6,6	1,4	0,2	0,2
8.00 - 8.09	1,0	2,0	5,0	2,4	3,6	2,0	0,6	0,2
8.10 - 8.19	0,6	0,0	1,8	2,0	4,4	1,4	0,0	0,0
8.20 - 8.29	0,8	0,0	1,4	0,4	3,2	1,2	0,0	0,0
8.30 - 8.39	1,2	0,0	0,8	1,2	1,2	1,6	0,0	0,2
8.40 - 8.49	1,4	0,0	2,0	1,4	2,8	1,0	0,2	0,2
8.50 - 8.59	1,2	1,0	1,5	0,0	1,6	0,6	0,2	0,2
Keskiarvo	1,6	0,4	2,3	1,9	3,4	1,3	0,1	0,2
12.00 - 12.09	0,2	0,4	0,2	1,2	0,6	0,2	0,4	0,4
12.10 - 12.19	1,2	0,0	1,4	1,0	0,6	0,2	0,2	0,6
12.20 - 12.29	1,8	0,2	0,4	0,4	0,8	0,6	0,2	0,0
12.30 - 12.39	7,8	0,0	1,0	0,0	1,0	0,8	0,8	0,8
12.40 - 12.49	2,1	0,0	0,0	0,4	1,4	0,2	0,2	0,0
12.50 - 12.59	4,4	0,0	0,8	1,0	0,6	0,6	0,2	0,0
Keskiarvo	2,9	0,1	0,6	0,7	0,8	0,4	0,3	0,3
15.00 - 15.09	10	0,8	0,0	0,2	0,8	0,4	1,0	0,6
15.10 - 15.19	20	0,6	0,2	1,0	2,8	0,2	0,4	0,2
15.20 - 15.29	50	1,8	0,6	0,0	2,2	0,0	0,6	0,2
15.30 - 15.39	60	4,4	3,4	1,4	1,0	1,4	3,6	0,4
15.40 - 15.49	70	3,8	1,2	0,4	1,8	0,4	0,8	0,0
15.50 - 15.59	90	5,0	4,0	0,2	1,2	1,0	1,2	0,4
16.00 - 16.09	90	2,8	3,2	0,6	1,8	2,2	1,0	0,0
16.10 - 16.19	90	6,4	4,6	2,2	1,8	1,4	0,6	1,6
16.20 - 16.29	90	2,0	4,2	0,2	2,0	0,4	3,6	0,2
16.30 - 16.39	50	6,6	3,8	1,2	2,1	0,8	1,4	0,2
16.40 - 16.49	20	6,2	3,8	1,0	2,6	0,4	1,8	0,6
16.50 - 16.59	20	2,6	6,2	0,0	1,4	0,0	1,2	0,6
Keskiarvo	55	3,6	2,9	0,7	1,8	0,7	1,4	0,4

* ILTAPÄIVÄN ennen-tilanteen arvot muunnettu metreinä ilmoitetuista jonohavainnoista

Matkanopeudet Hyrylän eteläisen kiertoliittymän kohdalla

Rekisteritunnustutkimus ennen-jälkeen-tilanteessa 21.9.1994 ja 9.5.1995

Liikennevirta	Ajankohta			Havainnot					Matkanopeudet mittapisteiden välillä				
				kaikki	ha, pa	la	ka	kap	kaikki	ha, pa	la	ka	kap
				ajon	ajon	ajon	ajon	ajon	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
Helsinki - Hyrylä	aamu	kaikki	ennen	315	294	6	14	1	44,2	44,4	42,2	42,9	36,0
			jälkeen	304	283	8	10	2	51,6	52,1	43,7	48,7	48,7
		vilkkein 15 min	ennen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			jälkeen	78	75	2	0	1	51,3	51,8	39,9	-	53,7
	päivä	otos 15 min	ennen	75	67	1	0	7	43,9	44,3	43,8	-	40,4
			jälkeen	36	32	0	4	0	39,8	39,6	-	48,1	-
	ilta	kaikki	ennen	528	506	6	1	12	22,6	22,7	21,2	8,0	21,8
			jälkeen	904	847	19	28	6	44,1	44,7	41,3	45,1	39,3
		vilkkein 15 min	ennen	165	158	2	0	4	23,1	23,1	25,0	-	21,9
			jälkeen	141	132	3	3	2	46,6	46,7	50,0	44,4	46,6
Helsinki - Hyvinkää	aamu	kaikki	ennen	47	42	0	4	1	43,4	43,7	-	39,7	44,4
			jälkeen	288	237	1	22	24	44,4	45,6	39,7	43,8	42,1
		vilkkein 15 min	ennen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			jälkeen	45	37	0	2	6	41,3	41,5	-	43,1	40,7
	päivä	otos 15 min	ennen	37	33	0	0	2	40,9	41,3	-	-	38,5
			jälkeen	29	23	0	3	2	45,7	46,9	-	44,8	37,6
	ilta	kaikki	ennen	196	188	2	0	4	23,3	23,4	17,6	-	22,1
			jälkeen	564	499	1	42	11	40,2	41,2	38,2	36,6	39,0
		vilkkein 15 min	ennen	60	59	0	0	1	24,0	24,0	-	-	20,0
			jälkeen	86	78	0	7	1	37,6	37,6	-	40,7	34,3
Hyrylä - Hyvinkää	aamu	kaikki	ennen	7	3	0	0	2	31,0	31,7	-	-	30,9
			jälkeen	49	21	0	13	15	29,4	31,4	-	28,1	28,2
		vilkkein 15 min	ennen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			jälkeen	7	4	0	2	1	28,5	28,6	-	27,4	30,5
	päivä	otos 15 min	ennen	5	3	0	0	1	27,4	25,8	-	-	31,4
			jälkeen	1	0	0	0	0	30,1	-	-	-	-
	ilta	kaikki	ennen	20	14	1	0	0	21,9	22,4	27,4	-	-
			jälkeen	63	39	0	9	15	30,2	30,1	-	27,8	26,1
		vilkkein 15 min	ennen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			jälkeen	11	6	0	2	3	22,6	25,3	-	20,9	20,4
Hyrylä - Helsinki	aamu	kaikki	ennen	519	496	7	0	12	35,0	35,2	28,1	-	33,0
			jälkeen	472	439	17	15	0	34,4	35,2	26,9	30,9	-
		vilkkein 15 min	ennen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			jälkeen	105	97	4	4	0	33,9	34,2	30,3	33,4	-
	päivä	otos 15 min	ennen	86	81	1	0	3	36,0	36,4	22,2	-	34,9
			jälkeen	34	32	1	1	0	32,7	32,5	35,4	37,4	-
	ilta	kaikki	ennen	314	303	9	1	0	31,8	31,9	30,2	40,6	-
			jälkeen	432	403	13	10	1	32,3	32,7	27,3	32,8	20,0
		vilkkein 15 min	ennen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			jälkeen	54	52	1	0	0	28,1	28,1	28,8	-	-

Havaintojen ja -nopeuksien puuttuminen johtuu joko havaintojen niukkuudesta tai siitä, että vilkkaimmalta 15 minuutilta puuttuu yksi tai useampi 5 minuutin havaintoaikajakso.

Matkanopeudet Hyrylän eteläisen kiertoliittymän kohdalla

Rekisteritunnustutkimus ennen-jälkeen-tilanteessa 21.9.1994 ja 9.5.1995

Liikennevirta	Ajankohta			Havainnot					Matkanopeudet mittapisteiden välillä				
				kaikki	ha, pa	la	ka	kap	kaikki	ha, pa	la	ka	kap
				ajon	ajon	ajon	ajon	ajon	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
Hyvinkää - Helsinki	aamu	kaikki	ennen *	276	263	1	0	6	29,2	29,4	17,3	-	25,8
			jälkeen	441	391	2	26	16	41,3	42,0	38,2	40,1	33,1
		vilkkain 15 min	ennen *	106	101	0	0	5	26,5	26,6	-	-	24,2
			jälkeen	88	83	0	4	1	40,1	40,5	-	38,8	27,1
		päivä 15 min	ennen *	37	32	0	0	1	38,0	39,2	-	-	32,7
			jälkeen	28	21	0	3	4	45,0	47,7	-	41,8	36,1
	ilta	kaikki	ennen *	124	118	0	1	2	38,1	38,2	-	26,5	48,6
			jälkeen	373	328	0	24	14	44,3	45,5	-	38,9	36,9
		vilkkain 15 min	ennen *	33	32	0	0	1	38,1	37,8	-	-	49,2
			jälkeen	57	53	0	3	0	43,5	43,4	-	44,1	-
Hyvinkää - Hyrylä	aamu	kaikki	ennen *	9	5	0	0	3	23,6	21,3	-	-	28,3
			jälkeen	1	0	0	0	1	23,2	-	-	-	23,2
		vilkkain 15 min	ennen *	4	2	0	0	2	23,7	19,0	-	-	28,4
			jälkeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	päivä 15 min	otos	ennen *	7	2	0	0	2	27,2	20,8	-	-	32,8
			jälkeen	1	0	1	0	0	34,6	-	34,6	-	-
	ilta	kaikki	ennen *	12	9	0	0	0	24,8	25,7	-	-	-
			jälkeen	1	0	0	1	0	32,9	-	-	32,9	-
		vilkkain 15 min	ennen *	3	3	0	0	0	35,1	35,1	-	-	-
			jälkeen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* tietty

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 23/1996 Täydentävä uudistaminen; Mahdollisuuksia maankäytön ja liikenteen kestävään vuorovaikutukseen kaupunkiseuduilla. TIEL 3200391
- 24/1996 Bitumiemulsion käyttö soratien pölynsidonnassa. TIEL 3200392
- 25/1996 Ruuhkaisuuden kokeminen ja liikennetilannetiedottaminen - tienkäyttäjätutkimus kaksikaistaisilla teillä. TIEL 3200393
- 26/1996 Tieverkon laajuus kustannusvastaavuuden näkökulmasta. TIEL 3200394
- 27/1996 Liikenteen vertailutietoja eri maista. TIEL 3200395
- 28/1996 Tien uudelleenrakentamisen vaikutukset kylien elinvoimaan; Esimerkkinä Lahti-Orimattila-tieyhteys. TIEL 3200396
- 29/1996 Tien rakennekerrosmateriaalin stabilointi masuunikuonatuotteilla. TIEL 3200397
- 30/1996 Strategisen vaikutusarvioinnin kehittäminen. TIEL 3200398
- 31/1996 Ympäristöohjelma ja yhteistoiminta; Yhteistyö tielaitoksen ympäristön toimenpideohjelman 1997-2000 toteutuksessa. TIEL 3200399
- 32/1996 Häiriintymättömien maanäytteiden otto. TIEL 3200400
- 33/1996 Ödometrikoe. TIEL 3200401
- 34/1996 Sitomattomien materiaalien moduulit; Täydentävien kuormituskokeiden tulokset, Osa 1. TIEL 3200402
- 35/1996 Havaintoteiden asfalttipäällysteiden moduulit. TIEL 3200403
- 36/1996 Eriste- ja kevennysmateriaalien routakestävyys; Palaturve. TIEL 3200404
- 37/1996 Koerakennekohteiden materiaalien routakestävyys; Pohjoiset kohteet TIEL 3200405
- 38/1996 Rakennratkaisujen alustava suunnittelu ja kehittäminen. TIEL 3200406
- 39/1996 Pilari- ja massastabiloinnin tuotantotekniikka. TIEL 3200407
- 40/1996 Suurten liikennehankkeiden vaikutus kaupunkien kehitykseen. TIEL 3200408
- 41/1996 Yleisten teiden ympäristön tila - maisema. TIEL 3200409
- 42/1996 Yleisten teiden ympäristön tila; Tiepiirien tilaselvitysten yhteenveto. TIEL 3200410
- 43/1996 Tielaitoksen ympäristöraportti 1995; Vuosiraportti Tielaitoksen toiminnan ympäristönäkökohdista. TIEL 3200411
- 44/1996 Sitomattomien materiaalien moduulit; Muutosmoduulin arviointi karkearakeisilla kiviaineksilla, Osa 2. TIEL 3200412
- 45/1996 Eurooppatie E18-hankkeen ympäristöpoliittinen analyysi. TIEL 3200413
- 46/1996 LD-teräskuona tienparannusmateriaalina. TIEL 3200414